5.06(49.3) B1
cv

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

Bound at
A.M.N.H.
1922

5.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

LIBRARY
OF THE
AMERICAN MUSEUM
OF NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

5.06 (49.3) B1
c.1

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXVII — 20 JANVIER 1920

(TRENTE-NEUVIÈME ANNÉE ; TOME LXXVII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. F Willaert)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1920

22-88528 June 27

De tout temps la *Société scientifique de Bruxelles*, s'est fait un devoir et un honneur de rendre hommage à ses défunts dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Elle retraçait la carrière des plus illustres d'entre eux, rappelait et analysait leurs travaux, reconstituait leur physionomie morale et mettait en relief leurs vertus.

La guerre a fait, hélas ! tant de vides dans les rangs de la Société qu'il lui est impossible d'observer aujourd'hui cette coutume. C'est dans un hommage commun qu'elle se voit obligée cette fois de saluer ses membres disparus.

Au cours des cinq dernières années la mort lui a ravi soixante-cinq de ses membres. Parmi eux, sept membres ou correspondants de l'Institut : E. H. Amagat, P. Duhem, J.-H. Fabre, J. Gosselet, C. Grand'Eury, Ch. Wolf, R. Zeiller : quatorze titulaires de chaires universitaires, parmi lesquels les professeurs J. Delemer et le Vte de Salvert, des Facultés de Lille, G. Kurth, de l'Université de Liège, L. N. Vandevyver et P. Mansion, de l'Université de Gand, A. Van Gehuchten, P. Henry et G. Verriest, de l'Université de Louvain,

deux évêques : Mgr Stillemans, de Gand, et Mgr Walravens, de Tournai ; le Ministre d'État, président de la Chambre des Représentants de Belgique, F. Schollaert.

Il est pourtant des défunts dont nous ne pouvons envelopper la mémoire dans un souvenir collectif : ils aimaient trop la Revue, se sont dévoués pour elle avec une abnégation trop admirable pour qu'elle se résigne à ne pas révéler ce qu'elle leur doit. Ce sont Paul Mansion, Secrétaire général de la Société scientifique, le R. P. Thirion, Secrétaire de rédaction de la Revue et Pierre Duhem, collaborateur aussi infatigable et aussi fécond qu'éminent.

Dès cette livraison, nous consacrerons un article à Paul Mansion et au R. P. Thirion, nous réservant toutefois de revenir sur l'œuvre scientifique du premier. Elle est si abondante, si riche, si caractéristique de la mentalité de son auteur, qu'elle mérite une étude approfondie. De même, nous espérons pouvoir donner plus tard une analyse aussi complète que possible de l'œuvre immense de Pierre Duhem.

PAUL MANSION

Notre ami, à jamais regretté, succéda, en 1888, au R. P. Carbonnelle, S. J. de savante et vénérée mémoire, fondateur et premier Secrétaire général de la *Société scientifique de Bruxelles*, en 1875.

La devise de sa vie s'est confondue, plus qu'en aucun d'entre nous, avec celle invoquée en tête de nos statuts et de nos publications : « *Nulla unquam inter fidem et rationem vera dissensio esse potest* » (Conc. Vaticanum).

Paul Mansion, professeur de hautes mathématiques à l'Université de Gand, membre de l'Académie royale de Belgique, grand savant, érudit illustre, était aussi un chrétien profondément convaincu, pratiquant avec sincérité la foi catholique, apostolique et romaine, qu'il a soumise au contrôle de la raison et cultivée avec une conscience minutieuse.

Notre éminent Secrétaire général, M. Charles de la Vallée Poussin, professeur de hautes mathématiques à l'Université de Louvain, membre de l'Académie royale de Belgique et de l'Institut de France, rappellera, dans cette Revue, les mérites scientifiques de celui qui, avant de mourir, l'a désigné pour le remplacer. Il le fera sans tarder, nonobstant des occupations multiples et, en ce moment, particulièrement absorbantes.

En attendant, le Conseil de la Société scientifique a chargé son premier Vice-Président de la tâche difficile de résumer, en quelques pages, ce que fut l'homme

que nous avons perdu, auquel le liaient cinquante-six années d'une amitié intime, continue, inaltérée, à travers les péripéties, voire les contradictions de leurs deux destinées.

ANNÉES DE JEUNESSE

Paul Mansion naquit, le 3 juin 1844, au hameau de Belle-Maison, commune de Marchin-lez-Huy (Liége). Son père mourut jeune, laissant à sa femme dix enfants, dont Paul était le neuvième. Sa mère Fernande Deveux, du pays de Namur, l'entoura des soins éclairés que savent multiplier un esprit fin, une grande âme. Il la perdit, hélas ! à l'âge de dix-sept ans. Ses aînés, en s'appliquant avec abnégation à l'exploitation du bien paternel, suivant les dernières recommandations de leur mère vénérée, l'assistèrent tout le long du cours de ses études. Il leur en garda, jusqu'à la fin, une profonde et effective reconnaissance.

Ardent au travail comme au jeu, il fit d'excellentes études primaires (octobre 1849 — 3 mai 1855), sous la direction d'un instituteur qu'il se plaisait, lui-même, à qualifier d'éminent, M. J. J. Blaise.

Dès alors, sa carrière se dessina. En arithmétique, il devançait ses condisciples de toute une année. Après avoir passé deux ans à l'École moyenne de Huy, il aborda au Collège communal de cette ville, la section professionnelle, se consacrant exclusivement à elle pendant deux années (1857 et 1858) ; puis, au cours de deux années suivantes, il mena de front les études professionnelles et celles des humanités classiques ; il s'adonna enfin, tout entier, à ces dernières en 1861 et en 1862 ; par ce procédé, qu'il critiquait plus tard, il gagna une année sur les six consacrées, d'ordinaire en Belgique, aux Humanités.

Chaque jour, durant ces années de travail précoce

et acharné, il descendait des hauts plateaux du Condroz jusqu'au pied des rochers bordant la pittoresque et tourmentée vallée du Hoyoux. Dans toute l'ardeur juvénile d'un tempérament sanguin et ardent, il la suivait entre les bois de Sandron, de Barse et de Bailli dont les senteurs vivifiantes purifiaient tout son être, le rendaient dispos aux rudes exercices de la journée, le préparaient merveilleusement, dès alors, aux joutes intellectuelles qu'il allait entreprendre, aux victoires qu'il voulait remporter.

Et le soir, quand il refaisait le même chemin, long d'une lieue et demie, remontant d'un trait 190 mètres, il se recueillait au milieu de cette splendide nature, pour se préparer à revoir, à féconder, dans la retraite familiale, les leçons qu'une attention soutenue, fruit d'une volonté de fer, lui avait permis de recueillir sur les bancs de l'école.

Qu'il était donc bien armé, quand il se présenta à l'examen d'entrée de l'École normale des sciences annexée à l'Université de Gand ! Il le passa, inaugurant avec maîtrise déjà la suite ininterrompue de ses succès universitaires. C'était en octobre 1862. En 1863, nous entrâmes, nous-même, à l'École du génie civil, qui, à cette époque, était la seule habilitée à la formation des ingénieurs des Ponts et Chaussées. Certains cours étaient communs aux élèves des deux Écoles. Les uns et les autres subissaient ce que l'on appelait *le régime*. Entrés, le matin à huit heures, dans les bâtiments universitaires, ils n'en sortaient que le soir, à huit heures aussi, sauf l'interruption de midi à deux heures, consacrée au repas principal et à la récréation ou promenade au dehors. Durant ces dix heures d'une sorte de clôture conventuelle, les élèves allaient aux cours, aux répétitions obligatoires, aux exercices de laboratoire et de dessin, entrecoupés d'heures d'études très sérieusement faites, sous le regard bénévole d'un surveillant

choisi souvent dans le cadre inférieur du corps des Ponts et Chaussées.

Les salles d'études, en ce temps-là, étaient voûtées, basses, établies dans un ancien cloître s'éclairant sur un préau qui n'avait rien de bien réjouissant : quelques vertes plates-bandes ; des arbustes de mince envergure ; merles et moineaux y sifflaient ou piaillaient ; cependant, les vitres étaient mates ! Les normalistes et les aspirants ingénieurs se trouvaient séparés seulement par une cloison s'élevant à mi-hauteur des voûtes et s'ouvrant librement à l'une des extrémités. On pouvait s'entendre par-dessus la cloison et passer d'une section à l'autre sans franchir de porte.

On le conçoit : quoique le travail fût, le plus souvent, silencieux et ininterrompu, l'une ou l'autre jeune tête se détachait parfois de dessus le livre ou la planche à dessiner. Il arrivait qu'on dût se lever, s'étirer les jambes et les bras, voire même faire quelques pas en long et en large dans une section, jeter un regard indiscret dans la voisine et, pourquoi pas ? lâcher quelque propos saugrenu ou goguenard destiné à égayer ou à épater les camarades.

Ce fut dans une de ces rares occasions que nous fîmes la connaissance de Mansion. Un de nos camarades du Génie civil que l'assiduité au travail fatiguait de temps à autre, repoussa sa planche à dessiner, bondit sur l'escabeau qui lui servait de siège et s'écria à l'ébahissement général : « Je ne suis pas plus sûr de l'existence de Dieu que de la mienne ».

Encore novice, nous prîmes l'incartade au sérieux et engageâmes avec l'interrupteur une discussion en règle, devant un auditoire heureux d'assister à une passe d'armes sur un sujet étranger aux préoccupations coutumières. Le surveillant lui-même suivait le débat. Celui-ci semblait traîner en longueur, lorsque, tout à coup, Mansion surgit dans le champ clos : il

assura notre victoire en terrassant l'adversaire sous les coups répétés d'une érudition empruntée à une théodicée déjà fort avertie.

Quand la paix fut rétablie, avant qu'il nous quittât pour aller se plonger dans quelque traité de calcul différentiel et que chacun des ingénieurs se fût remis à son dessin, nous nous serrâmes la main, chaleureusement. Nous étions amis pour la vie. Il y a, de cela, cinquante-six années. N'était-ce pas hier ?

Un incident de ce genre n'était pas nécessaire pour que la personnalité de l'étudiant Paul Mansion s'imposât avec une autorité sympathique. Il était grand, sec, robuste, d'un abord décidé, d'une franche allure. Haut en couleur, avec des yeux au regard profond, dont les vives clartés s'atténuaient et dont la fatigue se cachait derrière des lunettes de myope, il portait barbe et moustache châtain clair. Des cheveux de même nuance, courts, découvraient un front haut dont les aspérités caractérisaient un cerveau fortement organisé. En rue, il marchait d'un pas rapide, penché vers le but; au repos, debout, le buste cambré en arrière, la poitrine apparaissait large. Dans l'ensemble, s'affirmait plus de volonté que d'aplomb. L'aspect assez dur de la physionomie s'adoucissait au premier contact, sous l'influence d'un regard qui savait être caressant, d'un fin et gai sourire irradié de bonté.

Mansion sortit de l'École normale des sciences en juillet 1865 avec la grande distinction et le grade de professeur agrégé du degré supérieur pour les sciences. Dès le mois de novembre de cette même année, il fut chargé, à titre provisoire, des répétitions d'algèbre supérieure, de géométrie analytique, de géométrie descriptive pure et appliquée; il enseigna ces sciences pendant deux ans. Cependant, il continua ses études, si bien que le 13 août 1867, il conquit, avec la plus grande distinction, le grade de docteur en sciences

physiques et mathématiques, devant le jury combiné de Gand-Bruxelles. Sur ces entrefaites, le cours de calcul différentiel et de calcul intégral et d'analyse supérieure de la Faculté des sciences de Gand étant devenu vacant par la mort prématurée de Schaar, professeur distingué et aimé, Paul Mansion en fut chargé le 3 octobre 1867. Cette élévation rapide ne modifia point la cordialité, l'intimité même de ses rapports avec les six ou sept amis auxquels il s'était joint, alors qu'il était étudiant et répétiteur. Ceux-là, achevant à l'École du génie civil leur préparation à l'entrée dans le corps des Ponts et Chaussées, l'auteur de ces lignes jusqu'en 1868, les autres jusqu'à 1870, n'eurent plus avec Mansion, professant dans une autre Faculté universitaire, que des rapports d'affection.

Mais quels jours aimables ! La plupart d'entre nous se retrouvaient, à midi, à la table d'hôte de l'*Étoile*, vieil hôtel du Marché-aux-Grains, disparu à la suite des travaux qui ont substitué un ouvrage fixe au pont tournant de St-Michel. On y mangeait et buvait solidement, à bon compte. En 1863, l'un des amis s'y vint attabler le premier. C'est à peine s'il prenait part à la conversation des voyageurs, qui témoignaient souvent d'une ignorance foncière en bien des choses et, surtout, en matière philosophique et religieuse. Quand les autres amis y vinrent à leur tour, le cercle estudiantin se forma de lui-même et ne tarda pas à être le maître de la table d'hôte. Toute incartade irréligieuse, toute ânerie scientifique étaient relevées avec une précision, une vigueur qui se paraient de formes polies. La victoire était facile à des jeunes gens occupant les premières places dans leurs cours respectifs. Le chef de cette ardente jeunesse était incontestablement Mansion. Il ne la dominait point, parce qu'elle était d'une rare indépendance. Il en était le conseil, grâce à l'ascendant de ses connaissances, alors déjà vastes, et de sa situation de jeune professeur.

De mœurs très pures, amoureux du travail, assoiffé de curiosités intellectuelles, doué d'une mémoire prodigieuse, il était servi par une intelligence élevée, subtile, s'appliquant avec facilité aux connaissances les plus variées. Ajoutez-y la méthode impeccable avec laquelle il classait, en de petits cahiers ingénieusement disposés, les reliefs de ses multiples lectures. Ainsi l'abeille emplit du suc des fleurs les alvéoles qu'elle s'est réservées.

C'était un charme, après dîner, que la promenade de l'hôtel jusqu'à l'appartement de l'un de nous, qui habitait chez son oncle, professeur aussi à l'Université de Gand. On y prenait journellement le café en y achevant les conversations ébauchées, en route, sur tel ou tel sujet scientifique, à propos de telle ou telle farce estudiantine en projet ou déjà réalisée. Dans ce milieu, Mansion s'abandonnait à la fougue d'un esprit combatif, en tous sens, pourvu qu'aucune personnalité ne fût en jeu. Intraitable envers les doctrines philosophiques qui lui paraissaient mal fondées, il usait de prudence et de modération à l'égard des maîtres vivants. Quant aux morts, il les jugeait uniquement d'après leurs enseignements.

Le dimanche, aucun des amis ne travaillait à son métier, sauf un cas de force majeure, par exemple, à la veille d'un examen. Après les exercices religieux, on se divertissait par des parties de campagne ou, s'il faisait mauvais temps, on lisait en commun quelques ouvrages de littérature nationale ou étrangère. Les amateurs de musique, dont il n'était pas, s'en allaient, suivant leur budget, écouter quelque concert ou quelque grande pièce du répertoire théâtral. Mansion était convaincu qu'il fallait se reposer un jour sur sept et qu'il n'y avait aucune raison pour que ce jour ne fût pas le dimanche. Un de ses amis qui n'était pas de notre cercle et que Mansion avait voulu chapitrer

sur cette question du repos dominical, sans parvenir jamais à le convaincre, à cause d'une incrédulité fondamentale, allant jusqu'à la protestation contre une habitude soi-disant cléricale, vint un jour auprès de lui s'avouer vaincu. A force de travailler sept jours par semaine à sa besogne quotidienne, il en était arrivé à la prostration physique et intellectuelle. Mansion ne manqua pas de souligner ce résultat indéniable de l'expérience, d'en développer la leçon d'une manière magistrale et de fixer définitivement son ami dans sa résolution de pratiquer désormais le repos dominical.

Notre éminent Secrétaire général consentait, en matière d'expériences, à distinguer, comme nous le faisions, entre la méthode expérimentale propre aux sciences naturelles et physiques et la méthode d'observation réservée surtout aux sciences politique et sociale. Il témoigna, de très bonne heure en Belgique, sa haute estime pour l'œuvre de Le Play, l'illustre maître français qui songea, le premier, croyons-nous, à appliquer la méthode d'observation, instrument délicat entre tous, aux recherches objectives de la science sociale. Il lut la *Réforme sociale*, à peine avait-elle paru; sachant que l'auteur de ces lignes cultivait l'économie politique, dès avant l'Université, par éducation, goût et tradition, il lui passa l'ouvrage capital dont la doctrine repose sur l'observation des faits consignés dans les savantes monographies des *Ouvriers européens*. Ce fut un trait de lumière découvrant à nos yeux la voie que nous suivîmes désormais à la recherche des progrès sociaux.

Chacun des amis d'université de Paul Mansion, en rassemblant ses souvenirs de gaie et studieuse jeunesse, ne manquera pas d'y retrouver l'une ou l'autre heure où sa personnalité naissante subit la judicieuse influence de celui qui allait bientôt, le 30 septembre 1870, être nommé professeur extraordinaire.

Cette même année acheva de disperser le groupe estudiantin auquel il était resté fidèle nonobstant son élévation à la chaire professorale. Depuis 1868, nous avions, les uns après les autres, conquis brillamment le diplôme d'ingénieur honoraire des Ponts et Chaussées ou d'ingénieur civil. L'esprit qui anima, réchauffa et soutint nos cœurs malgré les sécheresses inhérentes à nos austères études ne disparut point. Il s'était développé en inspirant des réunions scientifiques où chacun apportait son contingent d'étude sur des sujets parfois très divers. L'auteur de ces lignes en eut l'initiative; Paul Mansion fut le parrain et le principal promoteur du *Cercle Leibniz*. Ce nom illustre était celui d'un savant de premier ordre, d'un inventeur en hautes mathématiques, qui ne trouva jamais, — au contraire, — la moindre opposition entre la Foi et la Raison. Puis, saisi comme par un scrupule, notre ami remplaça le nom de Leibniz par celui de Cauchy. Ce dernier, illustre mathématicien aussi, professait la foi catholique, tandis que Leibniz, si larges, élevées et saines que fussent ses conceptions philosophiques et religieuses, appartenait à la Réforme protestante.

Sous l'influence des membres du Cercle Cauchy de Gand établis çà et là en Belgique, des cercles du même nom furent installés et fonctionnèrent régulièrement à Anvers, à Nivelles, à Bruxelles, à Mons, à Louvain et ailleurs. Le R. P. Carbonnelle s'intéressa à ces réunions de la jeunesse. Il y donna lui-même des conférences sur ses recherches originales ou sur des questions philosophiques touchant aux *Confins de la Science et de la Philosophie*. Avec des fervents des Cercles Cauchy : Philippe Gilbert, le grand et regretté professeur de Louvain, le Docteur Lefebvre, de célèbre mémoire, le comte François van der Straten Ponthoz, gentilhomme d'œuvres religieuses et scientifiques, Léon 't Serstevens, qui consacra sa vie trop courte au

relèvement de l'agriculture, le R. P. Carbonnelle accepta l'idée qu'Alphonse Proost, le promoteur de la science agricole en Belgique, et le soussigné suggérèrent et défendirent, savoir : grouper les Cercles Cauchy en une association pour l'extension et la diffusion de la science.

Telle fut l'origine de la *Société scientifique de Bruxelles*. Paul Mansion assista aux réunions préparatoires et prit une part active aux débats d'où sortirent les propositions à soumettre à la première assemblée générale concernant la devise de la Société, son titre, ses statuts et règlement d'ordre. On peut dire, écrit Mansion dans son beau rapport présenté à l'assemblée du 10 avril 1901 sur les travaux de 1875 à 1901, que « le 17 juin 1875, la Société était virtuellement fondée ».

VIE DE FAMILLE

Quatre ans auparavant, le samedi 26 août 1871, Paul Mansion s'était marié avec Mademoiselle Cécile Belpaire, sœur de l'un de nos intimes amis d'université, feu Théodore Belpaire, mort beaucoup trop jeune le 20 octobre 1893, tandis qu'il remplissait, à Gand, les fonctions d'Ingénieur en chef, Directeur du Service technique provincial de la Flandre Orientale. Madame Paul Mansion appartenait à une famille de quatre enfants dont le père, Alphonse Belpaire, mort jeune aussi, avait épousé Mademoiselle Élisabeth Teichmann, la seconde des quatre filles de l'Inspecteur général des Ponts et Chaussées Teichmann. Celui-ci, devenu Ministre et puis Gouverneur de la Province d'Anvers, a laissé de grands souvenirs, après avoir fourni une carrière des plus remarquables. Son gendre, Alphonse Belpaire, dans le cours de quelques années passées au Corps des Ponts et Chaussées, s'est illustré par des publications

techniques où l'érudition profonde se joint à l'originalité de l'esprit. On lit encore avec fruit son *Mémoire sur l'amélioration du Rupel* (1845) ; sa *Notice sur les cartes de mouvement de transport en Belgique pendant les années 1834 et 1844* (1847), au cours de laquelle il usa des cartogrammes à bandes inventés par lui, tandis que l'ingénieur français Minard les découvrait aussi de son côté ; son *Étude sur la plaine maritime depuis Boulogne jusqu'au Danemark* (1855), faisant suite à l'étude de son père Antoine Belpaire sur *la plaine maritime depuis Anvers jusqu'à Boulogne*.

Les cérémonies et fêtes du mariage de notre savant ami ne se sont pas effacées de la mémoire de ceux de ses amis qu'il y avait conviés, à Anvers : Constantin de Burlet ; feu le baron Verhaegen et le soussigné.

Cette union bénie consacrait son entrée dans une famille, établie en un site charmant, spirituelle, joviale, sincère, pratiquant une piété avertie : la naturelle simplicité. Combien rarement ici-bas, l'idéal de beauté, de bonté, d'intelligence, de tendresse apparaît aux yeux ravis, touche le cœur d'un frisson de pur amour, soulève l'âme jusqu'à des hauteurs sereines où elle perçoit comme un écho des célestes harmonies ! Notre ami sut, avec la grâce de Dieu, pénétrer et vivre en conquérant dans ce cercle assez fermé. Nous nous en réjouîmes ; nous goûtâmes, pendant deux ou trois jours, après le départ des jeunes époux vers l'Allemagne et l'Italie, quelque chose du charme intime qui devait rejaillir sur leur vie conjugale de quarante-huit années. Elle n'aurait pas été sérieusement chrétienne, si la souffrance, noblement acceptée, ne s'y était point frayé un passage. Des huit enfants qui sourirent à leurs parents, un ange s'est d'abord détaché. Deux filles et un fils le suivirent, plus tard, après avoir enrichi les leurs du parfum de leurs qualités et de leurs vertus.

Quatre restent : deux, l'un chef de famille, l'autre prêtre, se distinguent, comme leur père, dans des chaires d'Université ; un troisième suit la carrière d'ingénieur industriel ; une fille, imitant sa sainte et héroïque grand'tante, Constance Teichmann, a consacré sa jeunesse aux soins des malheureux. Durant les terribles années de guerre, elle a honoré à jamais sa vocation charitable au chevet des blessés et des morts pour la grande Patrie belge.

Mansion s'était voué d'une façon toute particulière, avec sa femme très érudite, à l'éducation et à l'instruction de ses enfants. Il dirigea les études de ses fils jusqu'à à leur entrée dans les classes de Humanités latines. Il leur enseigna, lui-même, les mathématiques, le dessin et les premiers éléments du latin. Il fit plus à l'égard de ses filles. Il les poussa très loin dans l'instruction privée qu'elles reçurent.

A ceux-là et à celles-ci, il inculqua, avec une assiduité sans pareille, l'admirable méthode qu'il mit au service de ses rares facultés intellectuelles. Il se complaisait à construire lentement, patiemment, avec sûreté, ces édifices vivants dont les fondements reposent sur le roc d'une union indissoluble et sur la pierre angulaire de l'Église.

RELIGION ET PHILOSOPHIE.

On n'élève point ainsi la jeunesse sans entretenir, en soi, le feu sacré de l'amour divin. L'âme humaine participe à l'essence de Dieu, dont elle est une créature de choix. Elle est aimée de Lui infiniment : elle Lui doit un amour qui, pour rester fini, n'en est pas moins capable de progrès. L'âme de Mansion n'était guère mystique : en dehors de la prière, qu'il pratiquait avec ferveur, il ne s'adonnait point aux recherches expérimentales des contemplatifs : sa méthode était

celle de l'École. En philosophie, il était disciple d'Aristote plutôt que de Platon ; en religion, il suivait le bienheureux Albert le Grand et Saint Thomas d'Aquin, de préférence à notre Jean de Ruysbroeck l'Admirable et à Saint Jean de la Croix. En nous exprimant ainsi, nous n'avons point la prétention, quoique son intime, d'affirmer qu'il ne lui arrivait point d'élever son esprit de pénitence jusqu'aux élans de la mystique et de mêler ceux-ci aux raisonnements de la scolastique. C'est le secret de son âme jusqu'au fond de laquelle il eût été indiscret à nous, simple ami, de pénétrer.

Dès le Collège communal de Huy, M. J. Poumay, son professeur de littérature, auquel il voua toujours beaucoup de reconnaissance, lui recommanda les œuvres d'Auguste Nicolas et de Joseph de Maistre : elles firent sur lui une grande impression. Il ne la laissa point s'effacer. Il estimait, jeune encore, que les catholiques avaient d'autant plus de devoirs à remplir envers leur raison qu'ils avaient le bonheur de posséder la foi. Tout le long de sa carrière, ce fut une pensée dominante à laquelle il conforma sa volonté, ses sacrifices, ses études, ses œuvres, ses enseignements en famille, à l'Université et dans le monde.

Les œuvres du R. P. Gratry, de Tandel, du Cardinal Newman, la *Summa conciliorum* de Caranza-Silvius, les *Prælectiones dogmaticæ* du R. P. Perrone, S. J., la *Summa Summæ S^ti Thomæ* comptèrent surtout parmi ses livres de chevet avec les Evangiles et les Vies des Saints.

Parmi les traités d'apologétique dont il lut un grand nombre, il distingua, hautement, l'*Apologétique* récente de M. l'abbé Verhelst. Il en fit, pendant la guerre, une analyse approfondie qui ne tardera sans doute pas à être publiée.

Il lisait aussi, car sa lecture était immense comme sa mémoire, les ouvrages philosophiques. Encore étu-

diant il discutait avec feu le Professeur Delbœuf. Les ouvrages d'Auguste Comte lui étaient familiers. Avec le concours de sa femme, il traduisit du hollandais le *Principe de causalité* du P. Becker.

La personne et l'œuvre de Pascal l'intéressaient beaucoup. Le tract de 4 pages in-18° qu'il publia sur *La légende de Pascal* a été remanié et augmenté par lui, au cours de la guerre; cette étude nouvelle paraîtra dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES.

Il s'occupa souvent de Galilée. Il s'efforça surtout de faire connaître, d'une façon précise, où en était la question de la rotation de la terre, considérée au point de vue scientifique et philosophique, au temps de Galilée. Il démontra que, faute d'une connaissance suffisante de ces données historiques, apologistes et adversaires de ce grand homme se battaient les flancs. Il le fit dans des études diverses, dont les titres sont rappelés aux n°s 188, 189, 190, 200, 202, 203, 223, 264, 271, de son *Autobiographie* (1), relatives à l'œuvre de Galilée, au système de Copernic et, en général, à l'ancienne astronomie.

Mansion avait remarqué, avec tous les observateurs consciencieux, que l'esprit dogmatisant sévit beaucoup plus parmi les incrédules que chez les croyants. Déclarer, par exemple, que le miracle est impossible, c'est dire *à priori* que la puissance infinie de Dieu n'existe point. Qui le démontrera en présence du spectacle prodigieux de l'infime partie de l'Univers sur laquelle peuvent s'ouvrir nos yeux, aidés ou non, par les instruments optiques dus à l'admirable ingéniosité humaine?

(1) *Paul Mansion*. Notice biographique et bibliographique. — Extrait du *Liber memorialis* de l'Université de Gand. — Les publications de notre ami, jusqu'en 1912, y sont inscrites au nombre de 349 et classées suivant qu'elles s'occupent des mathématiques proprement dites ; des sciences physiques ; de l'histoire générale des mathématiques ; d'enseignement ; de politique ; de philosophie et de religion.

Notre ami fut porté naturellement à scruter, avec l'acuité habituelle de son esprit scientifique, la notion du miracle. Il y consacra fréquemment ses recherches, ses études approfondies.

Quoique grand admirateur de Gratry, il n'eut pas un instant de doute, lors des discussions soulevées avant la proclamation du dogme de l'Infaillibité du Pape enseignant *ex cathedra*. Il s'était nourri de la doctrine du Cardinal Dechamp, Primat de Belgique, l'un des plus savants, éloquents et illustres Prélats qui précédèrent, sur le siège de Malines, le glorieux Cardinal Mercier. On se le rappelle : le Cardinal Dechamp était l'ami du R. P. Gratry. Il eut avec ce dernier, à ce sujet, comme avec Mgr Dupanloup, une correspondance restée célèbre (1). Mansion la lut avidement et s'en pénétra.

Les enseignements de Pie X sur le *modernisme* lui plurent d'autant plus qu'ils répondaient, comme les déclarations du Concile du Vatican sur l'infaillibilité pontificale, à ce que lui démontraient la saine raison et son droit jugement. Un jour que quelques amis étaient réunis autour de lui, à la fin d'une importante session de la *Société scientifique de Bruxelles*, l'on causa du *modernisme*, de son influence en religion, dans les arts et dans les sciences. L'un d'eux cita la réponse d'un artiste de haut talent, auquel un critique croyait pouvoir attribuer des inspirations puisées à l'école de Ruskin et des préraphaelites. La réplique était : « *Je ne procède de personne* ». Là dessus, Mansion, à coups de citations empruntées à maints auteurs savants, d'exemples tirés de la vie des inventeurs célèbres, démontra, au long et au large, combien une pareille prétention était mal fondée en fait. Et il conclut simplement : « c'est pourtant cette orgueilleuse revendi- » cation que les modernistes religieux invoquent à

(1) Œuvres complètes de S. E. le Cardinal Dechamp, tome VI, *L'Infaillibilité et le Concile général.* — Étude de science religieuse, pp. 291 à 411.

» l'appui de la genèse sentimentale de leurs relations » avec Dieu, N.-S. Jésus-Christ, l'Église et le Saint-» Siège de Rome ! »

Il voyait aussi des manifestations de l'orgueil humain dans la crainte maladive des interventions surnaturelles et miraculeuses au cours des événements. Attentif aux développements de l'exégèse biblique, de l'hagiographie, de l'histoire de l'Église, il se défiait des solutions à tendances naturalistes, des vues hypercritiques ou même des hypothèses contraires à la tradition ordinaire et non encore démontrées d'une façon péremptoire. Il ne voyait pas d'antinomie entre les données de la science et l'exposé des faits par l'auteur de la Genèse.

L'hypothèse darwiniste, poussée aux extrêmes par les disciples du maître, ne le séduisit jamais. Avec une réelle satisfaction, il accueillit les faits récemment observés qui ramènent l'hypothèse à de justes limites.

Paul Mansion n'était pas seulement un mathématicien éminent. M. Ch. de la Vallée Poussin le démontrera une fois de plus, mais il possédait, vraiment, l'esprit scientifique. Rare, hélas! même chez les savants, cet esprit les détache de leur subjectivité, si excellente soit-elle, les élevant jusque sur les hauteurs sereines d'où leur intelligence, leur génie se penchent attentivement vers les creusets d'expérience, vers les procédés d'observation pour éprouver les solutions des problèmes de la Religion, de la Philosophie, des Sciences, des Arts, de la Politique. Examinée, approfondie dans cet esprit exempt de préjugés, la doctrine catholique, apostolique et romaine apparaît comme la plus scientifique d'entre les religions. Mansion est le type du savant catholique. Il le restera.

PATRIOTISME

C'est à la lumière de l'esprit scientifique que s'exerça le patriotisme de notre Secrétaire général. Ses senti-

ments profonds, inaltérables, d'attachement à la grande Patrie belge reposaient sur une connaissance approfondie des origines de la Belgique. On sait ou l'on devine, par ce qui précède, toute l'étendue de la culture générale de Paul Mansion. Il était très versé en histoire. Combien furent nombreuses ses lectures, faites en particulier ou en famille, d'ouvrages historiques, généraux et spéciaux, relatifs à l'Église, à l'Europe, à la Belgique! Il se défiait des constructions historiques élevées sur des bases trop exclusivement économiques. La considération objective des faits et des institutions, suivant la manière de l'école des Kurth et des Pirenne, allait bien à son esprit et provoquait ses méditations. Il en déduisait ses appréciations sur la valeur de nos institutions nationales, sur les nécessités sociales et politiques de notre belle et valeureuse patrie.

Il retrouvait, dans nos Provinces, dès avant leur réunion sous les ducs de Bourgogne, des traits distinctifs, existant encore aujourd'hui ou appelés à revivre plus vigoureux que jamais dans une Belgique à la fois traditionnaliste et progressive.

Il observait consciencieusement les résultats de l'union en un même État (duché, comté) de populations parlant différentes langues, jouissant de droits égaux, respectés de part et d'autre, pratiquant l'esprit de liberté et de self-government, jalouses des prérogatives populaires. Il s'étonnait, à ce point de vue, que l'État fût appelé, depuis la fin du XIXe siècle, à étendre ses attributions aux dépens de l'initiative privée, afin d'en corriger les abus, tandis qu'il est lui-même particulièrement exposé à en créer de nouveaux. Il aimait vraiment les libertés que beaucoup prônent en paroles pour les mieux exproprier en fait, au profit de la dictature du nombre. Adversaire de la tyrannie des intellectuels, il l'était tout autant de l'absolutisme des masses.

De telles convictions lui faisaient admirer, aimer, par-dessus tout, la Belgique, une, indépendante, indivi-

sible. Le séparatisme, sous quelque forme qu'il fût préconisé, administratif ou politique, lui paraissait une monstruosité anti-scientifique.

Les difficultés soulevées à propos des deux langues nationales provenaient, à son avis, de l'indifférence railleuse de trop de membres des classes aisées vivant en Flandre, à l'égard de la langue de ce pays, bien plus que d'une réelle opposition entre Flamands et Wallons. Les soi-disant savants allemands, eux dont la subjectivité est sans cesse exacerbée par des préoccupations d'intérêt et de domination, ont essayé, malhonnêtement, de faire éclore et mûrir la passion séparatrice entre Belges. Ce seul fait ne condamne-t-il pas la transformation qu'ils ont imposée, durant leur dictature maudite, de l'Université de Gand en université exclusivement flamande ? Mansion aimait à invoquer l'exemple de ses collègues wallons et le sien ; tous s'étaient assimilé la langue flamande à des degrés divers. N'avait-il pas, lui, Wallon de vieille race, connaissant son dialecte, épousé une Flamande de plus ancienne race encore, aimant et pratiquant la belle langue littéraire de sa petite patrie ? Leurs enfants ne parlent-ils point et n'écrivent-ils pas habilement les deux langues nationales ? Pareille fusion après semblable union, est-elle donc si difficile, si extraordinaire, si rare ? Il croyait fermement avec Kurth dans le mémoire superbe, trop oublié, sur la *Nationalité belge*, avec les esprits jugeant de haut, que la solution du problème linguistique belge se trouve dans le bilinguisme universitaire aussi bien que scolaire, confié au bon sens traditionnel et aux libertés de la grande Patrie. Le plus gravement mutilé à la guerre, a-t-on dit, en Europe et aux États-Unis de l'Amérique du Nord, c'est le bon sens. Mansion usait de ce don rare pour présenter respectueusement cette observation : le fossé est beaucoup plus large, plus profond, en Flandre et Wallonie, entre croyants et incrédules qu'entre Fla-

mands et Wallons. Pourquoi certains disciples du doux et divin Maître des langues et des sciences ne vouent-ils pas leur carrière sacerdotale à combler les abîmes de l'incrédulité plutôt qu'à creuser, hélas ! de leurs propres mains, un sillon entre les deux langues nationales ? Est-ce peur de la France ? Elle vient de leur répondre par des votes intelligents.

Dans la pensée de Mansion, la Belgique excite les convoitises des grandes et petites Puissances qui l'entourent. Craignant qu'elle n'en devienne la victime, il repoussait énergiquement, bien avant la guerre, la politique mesquine des patriotes lésinant sur les dépenses militaires. Comment concevoir, s'écriait-il longtemps avant 1914, qu'on économise imprudemment des sommes destinées à la défense nationale, quand un ennemi triomphant peut, en quelques jours, imposer à la patrie des contributions incomparablement supérieures ?

Notre ami souffrit beaucoup durant l'horrible guerre. Il était déjà si malade qu'il ne parvint pas, comme il l'eût tant désiré, à acclamer notre héroïque armée, le Roi loyal, intrépide, victorieux, la Reine parée des grâces de l'intelligence et du cœur, les Princes et la Princesse, joyaux de l'écrin belge.

Nous pûmes le revoir, avant 1919, une seule fois, le 4 avril 1916; alors, la ville de Gand n'était pas encore englobée dans la sinistre étape. Enfin, le 1er avril 1919, nous vînmes l'embrasser. Ce fut la dernière fois. Il était encore au rez-de-chaussée, dans la chambre de famille, assis, fort amaigri, dans son fauteuil. Il voulut nous parler longuement, devant sa femme. Lui qui avait le verbe vif et facile, s'exprima à voix basse, très péniblement. Après nous avoir dit son désir que le Conseil de la Société scientifique choisît Charles de la Vallée Poussin pour lui succéder au Secrétariat général, il nous entretint d'une difficulté particulière

qui lui tenait à cœur et pour la solution de laquelle il invoquait notre intervention. Nous la lui promîmes. Cela réussit. Il en fut satisfait. Puis, il ne s'occupa plus que de se préparer à la mort. Il s'endormit très pieusement, dans les bras du Seigneur, entouré de tous les siens, à Gand, le 10 avril 1919. Il fut inhumé à Deurne-lez-Anvers, dans le caveau de famille. Au service funèbre célébré en l'église Saint-Nicolas, sa paroisse, assista une foule recueillie. On y remarquait Sa Grandeur Mgr Seghers, Évêque de Gand, le comte de Kerkove d'Exaerde, Gouverneur de la Flandre Orientale, M. E. Braun, Bourgmestre de Gand, MM. Pirenne et Fredericq, ces héroïques et savants professeurs de l'Université, avec nombre de leurs collègues, le premier Vice-Président de la Société scientifique de Bruxelles et le nouveau Secrétaire général M. Ch. de la Vallée Poussin, Professeur à l'Université de Louvain, le R. P. Willaert, Secrétaire, bien d'autres autorités. M. Witz, Professeur à l'Université de Lille, Président de la *Société scientifique*, retenu à l'étranger, avait dû se faire excuser.

Ces lignes, cher, bien cher ami, sont une esquisse imparfaite de ta belle vie d'homme, d'époux, de père, de chrétien miséricordieux et généreux, de grand citoyen. Laisse-nous tempérer nos regrets par la douce confiance que tes jours éternels continuent merveilleusement ceux remplis ici-bas avec tant d'humilité, de fidélité et d'amour envers Dieu. A toi, s'appliquent adéquatement ces paroles des Livres Sapientiaux rappelées en ton souvenir pieux : « Combien est grand celui qui a trouvé la sagesse et la science ! Mais rien ne surpasse celui qui craint le Seigneur » (1).

(1) Eccli. XXV, 10.

LAGASSE DE LOCHT.

Le R. P. THIRION

Parmi bien des figures connues qui manquaient à l'appel dans notre première réunion après la grande tourmente, y en a-t-il une dont l'absence se fera plus cruellement sentir que celle de notre dévoué Secrétaire ? Qui ne le voit encore, traversant discrètement, de son pas menu, les vestibules et les salles des sections, veillant aux mille détails de l'installation matérielle, échangeant des poignées de main et des propos aimables avec les survenants, tout en guettant du coin de l'œil l'arrivée d'un collègue dont on pouvait espérer un article pour le numéro en préparation ou une conférence pour la prochaine assemblée générale ? Sa belle tête fine, au profil de médaille, dominée par un front élevé et encadrée de longs cheveux grisonnants rejetés en arrière ; ses yeux vifs, mais souvent soucieux, où s'allumait de temps en temps, derrière les lunettes, une flamme de malice ; ses lèvres plutôt minces, sur lesquelles jouait volontiers un sourire indulgent ou amusé, mais qui se détendaient rarement dans le rire ; une face ronde, enfin, un peu replète et de teint maladif, tout cela lui faisait une physionomie spirituelle et caractéristique, réservée au premier abord, mais toujours sympathique, qui ne passait jamais inaperçue et qu'on n'oubliait pas.

Né à Sclayn (province de Namur), en 1852, Julien Thirion fit ses humanités au Collège Notre-Dame de la Paix à Namur. Ses études furent solides, s'il faut en croire des succès marqués, surtout dans les mathé-

matiques, mais peut-être déjà contrariées par une santé incertaine, témoin la mention honorable qui lui est accordée en Rhétorique pour n'avoir pu prendre part à tous les concours. Il n'en réussit pas moins son examen de gradué ès-lettres, et, à la fin des vacances de la même année scolaire 1871, l'examen d'entrée à l'École des Mines de Louvain. Néanmoins il ne franchit pas le seuil de la carrière qu'il venait de s'ouvrir brillamment. L'année suivante le retrouve élève de Sciences à la Faculté de Namur, et en septembre il entre au noviciat de la Compagnie de Jésus à Tronchiennes. Après les deux années d'épreuve ordinaires, suivies d'une année de juvénat, c'est-à-dire d'études normales et de préparation directe à l'enseignement, il est envoyé comme professeur de mathématiques à Verviers. La maîtrise qu'il y déploie dès le début ne tarde pas à attirer l'attention sur ses remarquables talents. On décide de lui faire commencer au plus tôt son cours de philosophie à Louvain, afin de l'envoyer ensuite à Paris, suivre les leçons des plus illustres maîtres et prendre ses grades.

Mais, à cette époque, c'était là un dessein hardi, et qui sortait complètement des habitudes des ordres religieux. On n'avait pas encore reconnu pratiquement les avantages d'une formation régulière spécialisée. Il arriva donc, avec l'avènement d'un nouveau supérieur, que les routines traditionnelles reprirent le dessus, et l'idée du séjour à Paris fut abandonnée. Heureusement, la Providence ne permit pas, cette fois, que la formation d'un sujet de choix fût entièrement sacrifiée à des combinaisons administratives banales.

La Société scientifique de Bruxelles venait d'être fondée, ainsi que la Revue des Questions Scientifiques, avec le P. Carbonnelle comme Secrétaire général. Il fut décidé que le jeune scolastique parcourrait sous sa direction, à Bruxelles, le cycle des études

mathématiques auquel on avait d'abord songé pour lui à Paris. Ce ne fut pas sans l'arrière-pensée d'utiliser son concours, soit pour la REVUE, soit pour le recueil intitulé PRÉCIS HISTORIQUES, qui était dirigé par un Père de la même communauté ; car dès la seconde année de son séjour, nous le voyons collaborer activement à cette publication.

Pareille combinaison est rarement heureuse. La tentation est forte, pour un jeune homme affranchi de la discipline de leçons régulières et du souci d'un examen, de déserter le travail monotone et fécond au profit du vain amusement des lectures superficielles sur les sujets les plus variés. D'autre part, les sollicitations des directeurs de périodiques, toujours à court de copie, jointes à la séduction des premières feuilles d'imprimerie qui portent son nom, lui tendent un piège à peine moins dangereux. Le P. Thirion sut échapper à l'un et à l'autre. Ceux qui l'ont connu dans un commerce intellectuel intime peuvent témoigner que la variété de ses connaissances n'avait nullement pour rançon leur manque de profondeur. C'était, au contraire, une de ses préoccupations les plus constantes, comme un de ses mérites les mieux reconnus, de chercher à pénétrer le plus avant possible dans tout problème dont il entreprenait de se rendre compte, soit pour son instruction personnelle, soit pour le bénéfice de ses auditeurs ou de ses lecteurs.

Cette période d'études scientifiques privées ne devait d'ailleurs durer que deux ans. Un poste devint vacant qu'on fut embarrassé de remplir, et le P. Thirion s'en alla enseigner à Namur les mathématiques spéciales pendant un an, septembre 1880 — août 1881. Ce fut encore une époque de crise pour sa santé. Il est permis de croire qu'un travail excessif n'y fut pas étranger. Tout en préparant des cours nouveaux pour lui, il continuait, en effet, sa collaboration aux PRÉCIS HISTO-

RIQUES. Après *les Jésuites astronomes*, parus durant les derniers mois de son séjour à Bruxelles, il y fit paraître pendant son année de Namur : *Le Soleil, résumé de nos connaissances sur la constitution physique de cet astre*, (fin de 1880) et *La Lune, les préjugés et les illusions*, qui est d'avril à juin 1881.

Rien qu'aux titres de ces premiers essais on aperçoit clairement où tendaient les préférences naturelles de son esprit : comme branche favorite d'études, l'astronomie : comme point de vue spécial d'où toutes les questions seraient, autant que possible, envisagées, le point de vue historique. Toute sa vie il devait y rester fidèle.

En attendant, le cycle inexorable de la formation religieuse l'avait ressaisi. Quatre années de théologie, et enfin, comme couronnement, la troisième année de probation, avaient rempli la période 1881 à 1885, puis encore l'année 1886-1887. Cette dernière phase avait failli être fatale, une fois de plus, à sa carrière scientifique. On avait beaucoup goûté, à Arlon, les essais de prédication que comportait l'épreuve, et il fut, paraît-il, question un moment de le destiner exclusivement à la chaire. On se ravisa à temps et on fit bien. Au lieu d'un bon prédicateur ordinaire, on y devait gagner à la fois un professeur hors de pair, un écrivain tout à fait remarquable et un secrétaire de rédaction modèle.

A partir de ce moment, le P. Thirion fut définitivement fixé à Louvain pour se consacrer tout entier à la formation scientifique des jeunes religieux de son ordre qui faisaient leur cours de philosophie. Il leur enseigna d'abord les mathématiques de septembre 1885 septembre 1886, et de septembre 1887 à septembre 1890 ; puis, à partir de cette dernière date, il remplace dans la chaire de physique le regretté P. J. Delsaulx, qu'une santé compromise sans remède obligeait de

prendre une retraite prématurée. A son tour, lorsque, à la mort du P. Georges, en octobre 1896, il fut nommé Secrétaire de la Société scientifique, il sentit peu à peu ses forces fléchir sous le double fardeau. Après avoir partagé son enseignement avec un suppléant pendant sept ans encore, il se vit enfin obligé en 1908 de déposer sa charge de professeur pour réserver ses dernières forces à ses fonctions de Secrétaire. Il garda néanmoins quelques leçons de cosmographie, et c'est ce qui fut l'occasion de son dernier retour à Namur en 1916, où ses élèves de Louvain se trouvaient alors, par suite des événements.

C'était un professeur admirable. Doué d'une puissance d'analyse des plus pénétrantes, jointe à une merveilleuse faculté d'évocation des ensembles, il excellait à scruter les fondements des principes, à faire saillir les lignes maîtresses d'une question difficile ; puis, ce qui n'est ni moins délicat ni moins rare, à prévenir les fausses interprétations ou les généralisations aventureuses, et enfin, à signaler les directions probables des recherches fructueuses et les amorces des futures découvertes. Il se servait beaucoup à cette fin de la méthode historique. N'est-ce pas le spectacle pathétique des erreurs et des tâtonnements de l'esprit humain en marche vers la vérité cachée qui permet de faire, avec le plus de sûreté, le départ des réalités solides et des apparences décevantes ? Dès le début de sa carrière, dans l'Introduction de son *Histoire de l'arithmétique*, parue de 1883 à 1885 dans les PRÉCIS HISTORIQUES, il présente son œuvre comme « des notes recueillies, pour la plupart, en préparant les leçons de mathématiques que nous donnions à des élèves des cours d'humanités. Notre but en recueillant ces notes, était de rendre nos classes moins arides et d'intéresser les élèves tout en les instruisant ».

Plus tard, dans son article *L'éther et les théories*

optiques, à propos de la terminologie de la polarisation, qui a été transportée sans modification de la théorie de l'émission à la théorie ondulatoire, il remarque encore : « Ces vocables sonnent étrangement aux oreilles de nos étudiants, trop rarement instruits de l'évolution historique des théories physiques, et jettent parfois le trouble dans leurs idées ». Les siens, du moins, ne connurent jamais cette inquiétude. Une des caractéristiques principales — un des charmes principaux — de son cours était l'historique très précis et souvent combien pittoresque, par lequel étaient introduites toutes les questions de quelque importance.

Profondes et suggestives toujours, ces fortes leçons étaient, en effet, présentées sous une forme des plus originales ; traversées de réflexions savoureuses, de termes de terroir, d'anecdotes piquantes contées avec une verve éblouissante et appuyées d'une mimique inoubliablement vivante, à laquelle prenaient part des yeux étrangement expressifs, des traits extrêmement mobiles et une surprenante souplesse de gestes et d'attitudes. Ce don extraordinaire communiquait à son enseignement, sans rien lui enlever de sa solidité, un charme inimitable que subissaient même les élèves les plus médiocres. Il est difficile d'imaginer qu'on puisse réaliser plus pleinement ce rare prodige de rendre séduisantes les matières les plus ingrates.

Mais pour se livrer ainsi, il lui fallait le temps de s'habituer à son auditoire. Il avait besoin de se sentir en famille. Quand il lui arrivait de faire une conférence publique, sa parole, toujours précise, claire et élégante, se dépouillait de sa spontanéité prime-sautière pour revêtir une forme volontairement austère. Un fond de timidité insurmontable paralysait alors son exubérance naturelle, et il fuyait comme une odieuse corvée ces

(1) Revue des Questions scientifiques, janvier 1909.

leçons d'apparat qui, dans leur sobre et limpide sévérité, étaient pourtant un régal de choix pour ses auditeurs.

La Société scientifique eut la bonne fortune de l'entendre deux fois dans sa jeunesse : en 1880 sur *La Matière radiante*, et en 1884 sur *Les Illuminations crépusculaires*. Ces deux conférences ont été imprimées dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, la première sous le nouveau titre *Les Mouvements moléculaires*. Une troisième et dernière fois, en 1897, il se laissa persuader de vaincre ses répugnances pour exposer à sa communauté de Louvain, renforcée de quelques amis appartenant à l'Université ou à la profession médicale, la récente découverte des rayons X.

Que ceux de nos lecteurs qui n'ont pas entendu le P. Thirion dans ses cours veuillent bien nous excuser d'avoir insisté sur cet aspect de son prestigieux talent qu'il ne leur fut jamais donné d'apprécier ; ceux qui ont eu ce bonheur ne nous pardonneraient pas de l'avoir laissé dans l'ombre. Dans leur souvenir le P. Thirion restera toujours, avant tout, l'incomparable professeur.

L'écrivain était de la même trempe supérieure. On peut regretter seulement que, comme le conférencier, il voilât toujours la face la plus attirante de sa personnalité, je veux dire son merveilleux enjouement, qui n'était malheureusement pas de mise dans le genre auquel sa plume fut vouée sans partage. Mais quel admirable talent d'exposition ! C'est une joie, sous sa conduite, d'explorer les enchaînements les plus subtils d'une théorie ou le jeu le plus délicat d'un dispositif d'expérience : avec lui tout semble simple, clair, ordonné ; chaque chose prend sa place comme spontanément et se détache nettement en son plan dans le dessin général ; on comprend et on voit. L'ordre des

idées est disposé avec tant d'art qu'il semble tout naturel et comme imposé par la force des choses ; pas de détour inattendu qui déconcerte, pas de coin d'ombre qui trouble l'harmonie du clair édifice. On peut appliquer sans exagération à son talent d'écrivain ce qu'il dit lui-même dans un de ses articles du talent de conférencier de Tyndall : « Il excellait à leur donner (aux idées) une forme si saisissable, si simple, si facile dans son exposition, et si richement parée de tous les charmes d'une parole aisée et brillante, que ses auditeurs les moins préparés à le suivre, ravis, étonnés, flattés peut-être de pouvoir l'entendre, lui savaient gré de s'être mis à leur portée et d'avoir réfléchi sur leurs intelligences quelques-uns des rayons qui éclairent les plus hauts sommets de la science ».

Avec un sens littéraire inné très juste, le P. Thirion avait aussi beaucoup de lecture. Son style possède une élégance sobre : on y sent une maîtrise de la langue qui eût suffi à lui faire une réputation, s'il avait écrit pour ce qu'on appelle le grand public. C'est de belle et claire prose française, d'allure aisée et de tournure classique.

Vers la fin de sa carrière néanmoins, on y saisit parfois quelques traces de fatigue. La phrase est moins ferme, le mouvement moins alerte, l'invention moins riche en figures et en comparaisons. Cependant la clarté de la pensée reste inaltérée, et on ne se tromperait pas beaucoup en attribuant les défaillances du style, dans la plupart des cas, à la précipitation de la composition quand le pauvre Secrétaire avait, au dernier moment, à « boucher un trou » dans la livraison qui allait paraître.

Presque tous les travaux du P. Thirion ont été destinés à la Revue des Questions scientifiques. Disons d'abord quelques mots de ceux qu'il a publiés ailleurs. Nous avons déjà cité ceux des Précis historiques. Ce

sont des œuvres de jeunesse déjà pleines de promesses. Il en est une autre, et des plus considérables, qui porte la marque de la maîtrise de son âge mûr. Ce sont ses *Leçons d'arithmétique à l'usage des cours scientifiques et des Écoles Normales*, parues chez Ad. Wesmael-Charlier à Namur en 1897, en même temps qu'un *Résumé des Leçons d'arithmétique à l'usage des cours moyens et des classes d'humanités*, et suivies en 1901 des *Solutions des exercices proposés dans le Résumé des Leçons d'arithmétique, avec notes et exercices complémentaires*. Comme rigueur de raisonnement, comme précision de langage, comme limpidité d'exposition, on ne saurait rien imaginer de plus parfait ; au dire des meilleurs juges, ce traité est, avec celui de l'abbé Gelin, ce qu'on a jamais publié de mieux sur la matière dans notre pays.

Il faut bien avouer cependant que son succès dans la pratique n'a pas répondu entièrement à son mérite. Il y a à cela deux raisons. D'abord, la modestie de l'auteur lui inspirait un éloignement extrême de tout ce qui sent la réclame, si bien qu'il n'a pas même su se résoudre à prendre les mesures les plus usuelles pour s'assurer des comptes rendus. A notre connaissance, aucune revue de mathématiques, même celles dont la direction lui était le plus accueillante, n'a analysé son livre. Ce n'est que par hasard et sous forme d'allusion ou de comparaison qu'on en rencontre parfois la mention et l'éloge.

En second lieu, dans ses *Leçons*, le P. Thirion songeait avant tout, le titre ne le dissimule pas, à des jeunes gens déjà avancés dans leurs études, et il avait en vue de remplacer des auteurs qui laissaient par trop à désirer du côté de la rigueur scientifique. Or, le même défaut se faisait sentir aussi dans les auteurs des classes inférieures des humanités. Le premier projet du P. Thirion avait été d'écrire à leur intention un

manuel spécial, et s'il y avait un homme capable de mener pareille entreprise à bonne fin, c'était certainement lui. Malheureusement, il se laissa persuader qu'il était préférable ou suffisant d'extraire textuellement des *Leçons* les parties qui convenaient à l'enseignement élémentaire. De là le *Résumé*. Cette solution hybride ne satisfit personne, et aboutit en somme à sacrifier les besoins des élèves les plus jeunes.

Il y a peut-être une troisième raison. C'est que les maîtres appelés à baser leur enseignement sur ce nouveau manuel n'y étaient pas suffisamment préparés. Trop enclins peut-être, pour leur compte, à se contenter du langage imprécis et du raisonnement sans consistance de leurs vieux auteurs, ils furent sans doute un peu déroutés par les exigences de la nouvelle méthode, trop peu armés pour y préparer graduellement leurs jeunes disciples. Là encore un texte rédigé uniquement pour eux eût rendu de précieux services. Ne reculant jamais lui-même devant un travail intense de préparation et d'adaptation, l'éminent professeur qu'était le P. Thirion n'a peut-être pas assez songé, en souscrivant à une autre combinaison, que tous les professeurs n'ont pas toujours le talent ou le temps nécessaire pour soutenir pareil effort. Bref, entre les mains d'un corps professoral d'élite le *Résumé* eût fait — et a fait — merveille. Confié à un personnel ordinaire, on pouvait se demander s'il ne mettait pas ses ressources intellectuelles et morales à une trop forte épreuve.

Voici une page de la préface des *Leçons d'arithmétique* d'après laquelle on peut se faire une idée de ce que le P. Thirion attend de son interprète. « L'ordre suivi dans le groupement des matières et la façon de les présenter sont ceux qui ont paru concilier le mieux les exigences d'un exposé logique rigoureux avec les nécessités de l'enseignement élémentaire. Ils

eussent été différents, en maint endroit, au moins dans le *Résumé*, si l'on se fût placé au point de vue exclusivement pédagogique. Mais c'est à l'enseignement oral que reviennent les intermédiaires ; c'est au professeur, dont le texte d'un manuel, loin de rendre les leçons inutiles, doit les rendre nécessaires, qu'incombe le soin d'interpréter et de commenter ce texte en tenant compte des aptitudes et du degré de développement de ses élèves ».

Et voici, dans la préface des *Solutions et notes complémentaires*, un autre passage qui achève de préciser sa pensée : « L'exposé intuitif précédera donc le raisonnement et ouvrira la voie à l'étude *logique*. On se gardera de présenter aux élèves des théories qui dépassent leurs moyens ; mais on évitera avec le même soin de transformer les leçons en cours primaire, où l'on répète indéfiniment l'application de règles apprises par cœur... ; ce peut être une occupation, ce n'est ni l'effort, ni le travail qui forment et développent les facultés. Il faut y ajouter, *avec discernement et progressivement*, l'interprétation et la raison des choses. Ici tout doit être absolument rigoureux. Dans les définitions, dans les démonstrations, on se gardera de sacrifier jamais l'exactitude à ce que l'on croirait être une plus grande simplicité. Une définition à peu près correcte est absolument défectueuse ; un raisonnement à moitié juste est complètement erroné. Y recourir, c'est fausser l'esprit des élèves ; mieux vaut ne rien démontrer. Quand on croira nécessaire — faute de temps ou parce que la difficulté à vaincre paraît excessive — de ne donner que des énoncés, en passant les démonstrations, on multipliera les *exemples concrets*, de manière à faire saisir au moins le sens exact et la portée de ces vérités. »

Nous n'avons pu nous refuser la satisfaction de citer ces extraits, bien qu'un peu longs, parce qu'ils révèlent

le secret de la supériorité du P. Thirion comme professeur et la hauteur à laquelle il plaçait son idéal. Heureux les élèves soumis à l'action de méthodes inspirées d'un tel esprit ! Heureux surtout, mais c'est ici le plus hasardeux, quand ils rencontrent des maîtres aussi richement doués pour les faire passer dans la pratique ! Du moins le P. Thirion a-t-il fait ce qu'il a pu pour y aider, d'abord en réunissant une remarquable collection d'exercices « qui enrichissent la mémoire de données utiles, provoquent l'intérêt, éveillent la curiosité, excitent le goût de l'étude et font naître le désir de savoir davantage » (préface des *Solutions)* et en outre, en condensant dans les notes substantielles qu'il y a jointes la moelle de sa riche expérience pratique.

Parmi ses nombreux articles de la Revue des Questions scientifiques, il en est — ce ne sont pas les moins remarquables — qui sont nés de la préparation minutieuse de ses cours ; car, professeur avant tout, il subordonnait scrupuleusement son activité littéraire à ses obligations professionnelles. Tels sont *Le courant électrique* et *Température et thermomètres*. Un très grand nombre — plus de vingt — ont été écrits sous forme de notices biographiques à l'occasion de la mort de savants connus ou de la célébration de quelque centenaire. C'était un genre qui avait sa prédilection. Beaucoup sont dignes de figurer à côté des *Éloges académiques* des Secrétaires perpétuels de l'Institut de France, ou des *Notices scientifiques* de l'Annuaire du Bureau des Longitudes, qu'il aimait à relire souvent. Il faut signaler, entre bien d'autres, ses articles sur Ferdinand Lefebvre, John Tyndall, Gustave Van der Mensbrugghe et Guillaume Hahn, où sa sympathie avouée pour ses héros ne l'empêche pas de reconnaître loyalement, à l'occasion, leurs limitations et leurs torts. D'autres fois, c'était un livre nouveau qui éveillait son

attention et lui mettait la plume à la main : tels l'Annuaire du Bureau des Longitudes, les *Essays* de Jean Rey, ou l'*Aristarchus of Samos* de sir Thomas Heath. Il était bien rare alors que son expérience de savant ou son flair d'érudit ne lui fît pas trouver quelque détail complémentaire à signaler ou quelque point de vue nouveau à mettre en évidence.

Dans l'impossibilité de tout analyser, il faut pourtant tirer hors de pair trois séries d'articles qui forment chacune un ensemble, et dont un auteur moins réfractaire à la réclame n'eût pas manqué d'extraire autant de volumes qui auraient assurément connu le succès en librairie.

La première peut être rattachée à une étude sur *La propagation de la lumière et les travaux de Fizeau* (en collaboration, sous la signature L. T.) parue en juillet 1897 et janvier 1898. Elle est bien caractéristique de la manière du P. Thirion : à propos du décès d'un savant, reprendre toute l'histoire d'une question célèbre qui lui doit un progrès important, et situer dans ce cadre une appréciation exacte et précise de sa contribution personnelle. Dans la première partie nous trouvons un exposé admirablement conduit de la mesure de la vitesse de propagation de la lumière, depuis les essais de Rœmer sur les éclipses des satellites de Jupiter et ceux de Bradley au moyen de l'aberration, jusqu'à ceux de Cornu et de Young et Forbes qui perfectionnèrent la méthode mise en œuvre pour la première fois par Fizeau ; dans la seconde, la difficile question de l'entraînement partiel des ondes lumineuses par les milieux transparents en mouvement et en général des phénomènes optiques dans ces milieux ; enfin l'élégante mise au point par Fizeau de la découverte de Doppler relativement au changement de la période apparente de vibration des rayons envoyés par une source lumineuse à un observateur en mouvement relatif par rapport à elle.

C'est probablement le travail entrepris à cette occasion qui fit naître l'idée des trois articles qui parurent l'année suivante sous ce titre : *L'analyse des radiations lumineuses*. Leur objet est d'exposer méthodiquement en langage ordinaire la théorie ondulatoire de la lumière, de manière à la mettre à la portée du public cultivé non spécialiste. Le P. Thirion réussit admirablement dans cette entreprise difficile, et sans rien sacrifier de la rigueur, sans jamais nourrir dans son lecteur l'illusion flatteuse et funeste de lui avoir fait tout comprendre, il lui donne la conscience d'avoir saisi, dans les limites où il est humainement possible d'y parvenir sans invoquer le secours puissant de l'analyse mathématique, l'ensemble des idées générales qui forment la trame de la théorie. C'est peut-être son chef-d'œuvre en ce genre. On conçoit que nous renoncions à en détailler ici l'analyse. Nous nous contenterons de citer une appréciation de source très impartiale, qui résume son éloge mieux que tout ce que nous pourrions en dire, et dans laquelle l'hommage est singulièrement rehaussé par le voisinage éclatant d'un nom des plus illustres. Écrivant, dans la REVUE DES DEUX-MONDES, 1er octobre 1901, sur *Les agents impondérables et l'éther*, A. Dastre, savant distingué lui-même, s'exprime ainsi : « On peut prendre aussi pour guides un petit nombre de publications d'ordre plus général, comme l'admirable petit livre de H. Poincaré sur la théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes, œuvre d'un esprit lumineux et profond, et l'étude de J. Thirion sur l'analyse des radiations lumineuses, qui est aussi, en son genre, un chef-d'œuvre de clarté ».

A plusieurs reprises, notamment en 1902 dans *La pression de la lumière*, en 1909 dans *L'éther et les théories optiques* et dans *La dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire*, il revient sur la théorie de la lumière, sujet qui l'attirait tout particulièrement.

Dans le deuxième de ces articles, il examine les hypothèses et les théories, au point de vue de leur valeur objective, dans le même esprit critique que P. Duhem et H. Poincaré. Ses conclusions sont plus modérées que les leurs : ce sont celles qui ont la faveur de la majorité des physiciens modernes. « Impuissantes à nous révéler la réalité en soi, les théories nous la font voir *per speculum in aenigmate*, en une image fidèle où se reflète la vérité d'ensemble des faits expérimentaux », et dont l'utilité principale est de nous mettre sur la trace de faits nouveaux à découvrir.

Dans une autre occasion le P. Thirion se laissa tenter et réunit en volume sous ce titre : *L'évolution de l'astronomie chez les Grecs* un groupe d'articles, le second annoncé plus haut, qu'il avait intitulé dans la Revue des Questions scientifiques : *Pour l'astronomie grecque*. L'essai fut décourageant, en ce sens que l'éditeur auquel il s'était adressé se retira brusquement des affaires peu de temps après, ce qui ne contribua pas à atténuer ses propres répugnances à solliciter l'attention sur son livre. Ce n'en est pas moins une de ses meilleures productions.

Il s'agit de réhabiliter, en quelque sorte, la science astronomique des Grecs, un peu trop dépréciée depuis que les splendides découvertes de Képler et de Newton ont relégué dans l'oubli ses laborieuses constructions de sphères homocentriques, de déférents, d'épicycles, d'excentriques, etc. « Les efforts tentés par les astronomes de l'antiquité ne furent ni si maladroits, ni si stériles : ils sont dignes de la curiosité de tous ceux qui s'intéressent à l'histoire de l'esprit humain en quête de la vérité scientifique. Si j'osais dire qu'ils méritent l'admiration au même titre que les travaux modernes, pour avoir surtout perfectionné l'art d'inventer, on m'accuserait peut-être d'exagération : les géomètres cependant m'y encourageraient, et les historiens sé-

rieux de l'astronomie n'y contrediraient pas » (Introduction p. 4). Ces historiens, dont il va prendre les travaux pour guides, sont : A. Bœckh, Th. H. Martin, G. Schiaparelli, P. Tannery et P. Mansion. Comme le dit ce dernier dans le compte rendu bibliographique publié dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1), « les recherches de ces érudits et de ces savants, publiées dans des recueils en général peu consultés par les astronomes et moins encore par la foule des vulgarisateurs, sont restées inconnues même à ceux qui semblaient appelés à en introduire les résultats dans leurs ouvrages... »

Le P. Thirion les présente au public instruit en neuf chapitres admirablement groupés et enchaînés, où il expose dans l'ordre historique de leur apparition tous les systèmes qui se sont succédé dans la faveur des écoles astronomiques du monde grec, en montrant par quelle évolution logique chacun en venait à supplanter ses prédécesseurs, et comment, en tenant compte de l'état des connaissances générales de l'époque, presque toujours chacun constituait un progrès sur celui qu'il éliminait. Il en fut ainsi même quand on écarta la remarquable hypothèse d'Héraclide du Pont, qui, en faisant tourner autour du Soleil la Lune et les planètes inférieures, et en attribuant un mouvement de rotation à la Terre elle-même — mais sans translation autour du Soleil — anticipait pourtant de dix-neuf siècles sur Tycho-Brahé.

On sait que les Grecs préférèrent finalement une Terre immobile et des astres animés de mouvements circulaires sur des orbites qui se commandaient mutuellement, les épicycles. A la distance où nous sommes de ces temps lointains, le retour au système géocentrique pur a plutôt l'air d'un progrès à rebours. Mais, pour le juger équitablement, il faut se placer, avec le

(1) 2e sér. t. XVII, janvier 1900.

P. Thirion, dans l'ambiance scientifique de l'époque. On voit alors très bien avec lui que si, au point de vue purement géométrique de la représentation des positions des astres sur la sphère céleste, la conception d'Héraclide était équivalente à sa rivale, elle avait d'autre part le grave inconvénient de heurter des doctrines cosmologiques qui étaient considérées comme solidement fondées sur l'observation. Devant ces antinomies, les astronomes grecs n'osèrent passer outre. « Ce n'était là, de leur part, ni aveuglement volontaire, ni obstination rétrograde, mais pure ignorance invincible. Il serait aussi injuste de leur en faire un grief, qu'il serait ridicule de reprocher à Newton d'avoir cherché à épuiser les ressources de la théorie de l'émission, en rejetant la théorie des ondes lumineuses qu'il croyait contraire aux faits. »

Il faut lire le détail de cette démonstration dans le texte même ; elle est extrêmement attachante. Le fil conducteur est le souci constant des anciens d'éviter toute contradiction entre leurs hypothèses astronomiques et leur physique, c'est-à-dire cette partie de la philosophie que nous appelons la cosmologie. A la pleine mise en lumière de ce principe directeur le P. Thirion consacre un appendice qui n'avait point paru dans la Revue et qui n'est pas un des chapitres les moins intéressants de l'ouvrage. Basé principalement sur les travaux de P. Mansion, il nous amène naturellement à Copernic et à Galilée. « Ce n'est, dit M. Mansion, qu'à la lumière de l'histoire de la lutte entre les théories géométriques et physiques en astronomie, telle que l'expose le R. P. Thirion, que l'on peut comprendre à fond la célèbre question du procès de Galilée. » Et il conclut en en recommandant la lecture, « d'abord à ceux qui s'intéressent à l'histoire de l'Astronomie, ensuite aux amateurs de Philosophie qui veulent connaître, à propos d'un exemple grandiose et vraiment topique, le rôle des hypothèses dans la science ».

Il reste un troisième groupe de travaux qui demande une mention spéciale. C'est celui des articles intitulés *Pascal, l'horreur du vide et la pression atmosphérique*. En 1906 une vive controverse avait été soulevée par M. F. Mathieu dans la Revue de Paris, à propos des titres de Pascal à la démonstration expérimentale de la pression atmosphérique, et notamment à l'invention de la fameuse expérience des deux lectures barométriques simultanées au pied et au sommet du Puy-de-Dôme en 1648. Pascal était formellement accusé d'avoir commis un faux pur et simple dans le *Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs*, qui lui attribue la première idée de cet *experimentum crucis* dès le 15 novembre 1647, et qui revendique en outre pour lui l'invention d'une autre expérience encore plus concluante, dite « du vide dans le vide ». Pour dissimuler la supercherie, il aurait construit, au moyen d'autres lettres et publications, tout un système d'artifices aussi déloyal qu'injuste pour ceux qu'il dépouillait.

Les conclusions de M. Mathieu furent vivement contestées, cela va sans dire. Bientôt, attiré par un débat qui s'accordait si bien à ses goûts d'érudit, et qui semblait par ailleurs ne pouvoir se trancher qu'avec l'aide d'une compétence scientifique qui manquait aux initiateurs de la discussion, le P. Thirion reprit à son tour l'examen de la question. Ses deux premiers articles parurent en octobre 1907 et en janvier 1908 ; le troisième, dans lequel se rencontre l'annonce d'une suite qui n'a jamais paru (1), en janvier 1909.

« Nous avons suivi, dit-il, cette joute savante, dont

(1) On trouvera plus loin, dans la liste des publications du P. Thirion, d'autres exemples de travaux inachevés. Obligé souvent d'entreprendre d'urgence un article pour combler quelque lacune, il se voyait parfois contraint de suspendre une étude dont la continuation aurait exigé du temps, pour utiliser sur l'heure des notes sur quelque autre sujet plus facile à mettre en œuvre sans retard. On sait que ces interruptions momentanées ont une fâcheuse tendance à se transformer en abandon définitif.

l'enjeu est l'honneur d'un grand homme, avec le souci d'apprécier les charges qui pèsent sur l'accusé. C'est de cet effort qu'est fait cet article. Il n'a pas la prétention d'apporter à l'attaque ou à la défense un secours dont elles n'ont que faire. Son but est de raconter les faits, d'analyser les pièces du procès et d'aider le lecteur à se former lui-même une opinion en lui épargnant le travail de classement et de contrôle que nous nous sommes imposé pour asseoir la nôtre. » Ce programme est rempli avec une conscience scrupuleuse, et l'exposé est un modèle de clarté. Ajoutons que le ton est d'un calme parfait, et aussi respectueux que possible envers l'illustre « prévenu », ce qui était un mérite aussi, dans une atmosphère déjà un peu échauffée par moments.

Quant au fond de la cause, le P. Thirion exonère Pascal de la plus grave des accusations portées contre lui, celle de s'être attribué frauduleusement, au détriment d'Auzoult, l'expérience du vide dans le vide. Mais il croit devoir concéder à M. Mathieu que Pascal a cherché par des moyens équivoques — et notamment en introduisant dans sa lettre à Périer, datée du 15 novembre 1647, le récit de cette expérience du vide dans le vide qu'il n'a pu imaginer et réaliser, selon toute vraisemblance, que l'année suivante — « à grossir la part qui lui revient dans la preuve de la pression atmosphérique et de l'élasticité propre de l'air, et à amoindrir celle d'autrui ». La susceptibilité bien connue du grand écrivain, son orgueil maladif, l'âpre jalousie avec laquelle il avait coutume de défendre ce qu'il considérait comme ses droits, et d'autre part sa santé chancelante, avec les contrecoups qu'elle avait sur sa volonté et son jugement ; en un mot, pour parler comme M. E. Havet, « sa personnalité instable » ne permettent certes pas d'écarter *a priori* la flétrissure qui menace sa mémoire.

Après avoir résumé les arguments des deux parties,

le P. Thirion insiste sur deux d'entre eux avec une ampleur qui leur donne un poids nouveau. Le premier se tire de la disposition typographique du *Récit*. Il présente des remaniements suspects qui ne trouvent leur explication que dans l'hypothèse du manque de sincérité de son auteur. L'autre, le principal, argue du fait que la force élastique des gaz était ignorée de Pascal en 1647, comme de tous ses contemporains, et que, dès lors, le principe aussi bien que l'exécution de l'expérience du vide dans le vide ne se conçoivent pas avant l'année 1648. C'est un point de vue nouveau pour les littérateurs qui jusqu'à ce moment avaient seuls mené la discussion.

Tous n'en ont pas immédiatement saisi l'importance. L'introduction écrite pour l'édition complète des Œuvres de Pascal par M. L. Brunschvicg récapitule tout le débat et conclut en innocentant complètement Pascal. Parmi les nombreux documents insérés dans cette édition pour éclaircir tout ce qui touche à la vie et aux travaux du grand écrivain, on trouve quantité de pièces nouvelles, quelques-unes fort intéressantes. Telle la *Narratio secunda* de Roberval. C'est une lettre inédite d'où il résulte que l'expérience du vide dans le vide a été réalisée par ce savant au printemps de 1648, et expliquée correctement par la pression élastique de l'air. Extrêmement précieux pour l'histoire des sciences, ce manuscrit, s'il n'établit pas d'une manière décisive la priorité de Roberval sur Mariotte et Boyle quant à l'énoncé *quantitatif* de la loi des pressions des gaz, avance en tout cas considérablement l'époque où son contenu *qualitatif* a commencé d'être connu. Malheureusement, il est loin de confondre les accusateurs de Pascal : Roberval n'y fait aucune allusion à l'expérience que Pascal aurait réalisée dès 1647, et, tout au contraire, revendique comme siennes les idées et les expériences nouvelles dont il fait part. M. Brunschvicg semble croire toutes les difficultés aplanies en remar-

quant négligemment que « Roberval retrouve ainsi les résultats que Pascal avait montrés à Périer vers la fin d'octobre ou le commencement de novembre 1647 ». C'est postuler l'objet même du débat, comme le remarque le P. Thirion ; car il résulte de l'examen de toutes les circonstances connues et notamment des textes mêmes de Pascal, qu'en 1647 il n'avait aucune idée de la pression des gaz. Sa préoccupation unique était de démontrer contre les péripatéticiens que le vide était possible. « Comment la doctrine et les expériences de Roberval ont-elles passé dans la lettre à Périer ? » Tant que cette question primordiale n'aura pas reçu de réponse, le soupçon infamant pèsera sur la mémoire de Pascal.

Les arguments qui appuient l'hypothèse du remaniement du *Récit*, surtout ceux qui font état des manipulations manifestes qu'il a subies, ne sont pas pris plus au sérieux par M. Brunschvicg. Le P. Thirion n'a pas de peine à montrer qu'ils gardent toute leur force.

Si donc la discussion reste sans conclusion sur le chef d'accusation principal, une tache n'en demeure pas moins sur le caractère moral d'un grand homme. En tout cas, la preuve définitive de sa droiture devra s'appuyer sur autre chose que sur ses propres affirmations. Comme le dit encore M. L. Havet, « pratiquement il reste acquis qu'en 1651 dans la lettre à de Ribeyre comme en 1647... dans la lettre à Périer,... la parole de Blaise Pascal ne compte pas ».

Est-il besoin d'ajouter que, bien que le P. Thirion se défende dans le passage de l'introduction cité plus haut de vouloir apporter à l'attaque ou à la défense un secours dont elles n'ont que faire, il arrive, par la force des choses, que dans une question où la critique interne des textes scientifiques joue un rôle de premier plan, sa compétence est indiscutablement au-dessus de celle de ses contradicteurs et lui assure une autorité exceptionnelle ? A l'avenir, aucun travail sérieux sur

les droits de priorité de Pascal dans la démonstration de la pression atmosphérique ne pourra ignorer ses arguments.

Mais il est temps d'arrêter cette analyse. Nous donnons en appendice la liste aussi complète que possible des principaux travaux du P. Thirion. On remarquera qu'à part ses premiers essais et les *Leçons d'arithmétique* avec le *Résumé* et les *Problèmes*, ils ont tous été publiés dans la Revue des Questions scientifiques ou dans les Annales de la Société scientifique. A partir du jour où le fardeau du Secrétariat lui fut imposé, ce fut, en effet, sa préoccupation ininterrompue de travailler de toutes ses forces à l'œuvre dont l'administration lui était confiée.

On se tromperait singulièrement d'ailleurs, en se figurant que sa collaboration s'arrêtât là. Tout d'abord, il est l'auteur d'un nombre considérable de Bulletins d'Astronomie ou de Physique, ou d'articles de variétés, d'une foule de comptes rendus bibliographiques, et de la plupart des articles parus en tête des livraisons de la Revue depuis 1896 sous la signature de *La Rédaction* en diverses circonstances solennelles, telles que fêtes jubilaires, hommages publics, remises de distinctions honorifiques, etc. A l'occasion des vingt-cinq premières années d'existence de la Société scientifique, il publia les Tables complètes de nos deux collections, la Revue et les Annales. Tout cet ensemble, joint aux articles proprement dits, équivaut à une demi-douzaine au moins des volumes semestriels de la Revue. Et que de fois n'a-t-il pas, sous le couvert plus ou moins transparent de l'anonyme ou du pseudonyme, comblé des lacunes ou suppléé à des défaillances ! Les initiales N. N., par exemple, lettres terminales de ses nom et prénom, ont servi en bien des cas à cette œuvre de dévouement modeste. Que de fois aussi n'est-il pas discrètement venu en aide à des collaborateurs de bonne volonté, tout pleins

d'excellentes idées, mais peu experts dans l'art de les faire valoir ! Que de temps surtout, que de travail obscur et d'humble patience représente la tâche fastidieuse de l'administration matérielle des publications de la Société scientifique ! Que de correspondances, que de démarches personnelles pour s'assurer les concours indispensables et les avoir à sa disposition au temps voulu ! Que d'efforts aussi pour recruter de nouveaux membres ! Et ce zèle, n'omettons pas de le dire, ne resta point sans fruit. Son passage au Secrétariat fut signalé par un relèvement sensible du nombre de nos membres et de nos abonnés.

Sous le poids de cette besogne toujours renaissante, qui l'absorbait de plus en plus, sous le coup aussi des révoltes d'une santé chancelante contre une hygiène réglée beaucoup moins sur les axiomes de la Faculté que sur les besoins impérieux de la corvée quotidienne, il avait finalement renoncé à l'enseignement qu'il aimait, et ne vivait plus que pour la Société scientifique. Plus d'une fois, depuis lors, son état avait inquiété ses amis. La guerre lui porta un coup terrible. A partir de 1914, il ne fit vraiment plus que décliner. L'impossibilité de continuer les publications de la Société acheva de le désorienter en le jetant hors de toutes ses habitudes. En vain essaya-t-il de préparer des matériaux pour la renaissance de la Revue après la tourmente. Sa veine était tarie et son ressort brisé. En janvier 1918, l'abattement de ses forces annonça manifestement une fin prochaine. Il reçut avec une foi profonde les derniers sacrements, et le 23 février il expirait.

Le R. P. Thirion fut un travailleur infatigable, et un travailleur d'une haute conscience. Comme professeur, comme Secrétaire de la Société scientifique, ses préoccupations allaient avant tout à son devoir professionnel. Les travaux auxquels l'inclinaient ses goûts personnels ne venaient qu'en seconde ligne et restaient

toujours subordonnés à sa tâche principale. Il est permis de regretter les œuvres très intéressantes qu'il nous eût données sans doute si le harnais des besognes quotidiennes ne l'avait enserré si étroitement. Telle qu'elle se déroula, sa vie fut sûrement une leçon morale plus haute, par l'exemple constant d'un dévouement allègre et sans aucune reprise à un idéal élevé.

Soulèverons nous le voile de sa vie privée pour parler de ses solides vertus religieuses ? Disons du moins que volontiers, se souvenant peut-être de ses premiers succès de prédicateur, il acceptait, à l'occasion, de suppléer le curé de son humble village natal, de prêcher, de catéchiser les enfants, d'administrer les sacrements. Plus d'une communauté religieuse se souvient avec émotion et reconnaissance des belles retraites entendues de lui. Enfin, l'accent de foi et la chaleur apologétique de plus d'un passage de ses écrits attestent qu'il ne perdait jamais de vue son double caractère de prêtre et de savant, si bien fait pour poursuivre son double idéal dans le cadre de la Société scientifique.

Et il faut bien, pour finir, en revenir à cette chère Société à laquelle il donna le meilleur de sa vie. Que l'on songe à la suprême beauté de notre but, la défense de la foi par le culte désintéressé de la science : que l'on se rappelle combien, en Belgique, les œuvres de recherche scientifique et de haute vulgarisation sont rares, et qu'on essaye de se représenter de combien la disparition de la nôtre ferait descendre notre pays dans l'ordre des manifestations de la vie intellectuelle : ne faut-il pas reconnaître alors que la part prépondérante que le P. Thirion a eue pendant vingt-cinq ans dans la prospérité de la Société scientifique de Bruxelles, a fait aussi de lui un des meilleurs serviteurs de la patrie belge ?

V. Schaffers, S. J.

BIBLIOGRAPHIE

A. — Précis historiques (Bruxelles)

1. Les Jésuites astronomes, 1880.
2. Le Soleil, résumé de nos connaissances sur la constitution physique de cet astre, 1880.
3. La Lune, les préjugés et les illusions, 1881.
4. Histoire de l'arithmétique, 1883, 1884, 1885.

B. — Ad. Wesmael-Charlier, édit. Namur

5. Leçons d'arithmétique à l'usage des cours scientifiques et des Écoles normales, 1897, vol. gr. in-8°.
6. Résumé des Leçons d'arithmétique à l'usage des cours moyens et des classes d'humanités, 1897, vol. gr. in-8°.
7. Solutions des Exercices proposés dans le Résumé des Leçons d'arithmétique avec notes et exercices complémentaires, 1901, vol. gr. in-8°.

C. — Annales de la Société scientifique de Bruxelles

8. La machine Wimshurst à courants alternatifs, t. XVI (1892).
9. Une toupie gyroscopique universelle, t. XVII (1893).
10. Le magnétisme de l'acide carbonique, t. XVII (1893) (en collaboration avec le P. De Greeff).
11. Sur les rayons X, t. XX (1896).
12. id. t. XXII (1898).
13. Machine Wimshurst à six plateaux et commutateur pour machines statiques, t. XXIII (1899).
14. Remarques d'optique géométrique, t. XXVI (1902).
15. A propos d'une expérience d'hydrostatique, t. XXX (1906).

D. — Revue des Questions scientifiques

16. Les mouvements moléculaires, t. VII, janvier 1880.
17. Les illuminations crépusculaires, t. XV, avril 1884.
18. Le satellite de Vénus, t. XVII, janvier 1885.
19. L'astronomie sidérale, t. XXVII, janvier 1890.
20. Le R. P. Perry, t. XXVII, janvier 1890.
21. Essai sur les paratonnerres, t. XXIX, janvier 1891. En collaboration avec le P. Van Tricht. Suite annoncée, jamais parue.
22. Température et thermomètres, t. XXXI, avril 1892.
23. Hommage rendu à la mémoire de Louis Philippe Gilbert, t. XXXIII, avril 1893.
24. Deux passages curieux d'un livre oublié (la *Philosophia magnetica* de N. Cabeus, S. J.), t. XXXIV, octobre 1893.
25. Le courant électrique, t. XXXV, janvier 1894.
26. John Tyndall, t. XXXV, avril 1894.

27. L'Annuaire du Bureau des Longitudes, t. XXXVII, avril 1895.
28. La pluie en Belgique, t. XXXVIII, juillet 1895.
29. F. Tisserand, t. XL, octobre 1896.
30. Louis Pasteur, t. XLI, janvier 1897.
31. Antoine d'Abbadie, t. XLI, avril 1897.
32. La propagation de la lumière et les travaux de Fizeau, t. XLII, juillet 1897 et t. XLIII, janvier 1898 (en collaboration : signé L. T.).
33. L'analyse des radiations lumineuses, t. XLIII, avril 1898, t. XLIV, juillet et octobre 1898.
34. L'Observatoire royal de Belgique, t. XLIV, octobre 1898.
35. Pour l'astronomie grecque, t. XLV, janvier et avril 1899, t. XLVI, juillet 1899.
36. Robert Boyle, t. XLV, avril 1899.
37. La nouvelle étoile de Persée, t. XLIX, avril 1901.
38. Troisième centenaire de la mort de Tycho-Brahé, t. LI, janvier 1902.
39. H. A. Rowland, t. LI, janvier 1902.
40. La pression de la lumière, t. LI, avril 1902.
41. Alfred Cornu, t. LII, juillet 1902.
42. Ferdinand Lefebvre, t. LII, octobre 1902.
43. Hervé Faye, t. LIII, avril 1903.
44. Le R. P. Guillaume Hahn, S. J., t. LV, janvier 1904.
45. M. le Marquis de Nadaillac, t. LVI, octobre 1904.
46. Les systèmes stellaires, t. LVII, avril 1905 (seconde partie annoncée, jamais parue).
47. M. Gustave Dewalque, t. LIX, janvier 1906.
48. Les « Essays » de Jean Rey et la pesanteur de l'air, t. LXII, juillet 1907.
49. Pascal, l'horreur du vide et la pression atmosphérique, t. LXII, octobre 1907, t. LXIII, janvier 1908, t. LXV, janvier 1909 (suite annoncée, jamais parue).
50. La dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire, t. LXV, janvier 1909 (Signé N. N.).
51. L'éther et les théories optiques, t. LXV, janvier 1909.
52. Le mouvement brownien, t. LXV, janvier 1909.
53. J. J. D. Swolfs, t. LXVI, juillet 1909.
54. Les trois états de la matière et les cristaux liquides, t. LXVII, janvier 1910.
55. Adolphe Charles Delvigne, t. LXVIII, juillet 1910.
56. Le Comte Domet de Vorges, t. LXVIII, octobre 1910.
57. Le Frère Alexis-Marie G., t. LXIX, janxier 1911.
58. La physique solaire depuis trois siècles, t. LXIX, avril 1911.
59. G. Van der Mensbrugghe, t. LXXI, janvier 1912.
60. Aristarque de Samos, t. LXXIV, juillet 1913.
61. Roger Bacon, t. LXXVI, juillet 1914.
62. Les Pléiades, t. LXXVI, octobre 1914.

E. — Louis Lagaert, édit. Bruxelles-Nord

63. L'évolution de l'astronomie chez les Grecs, 1899, vol. in-12.

LES

Grandes Énigmes de la Géologie [1]

Si j'ai accepté le très grand honneur de prendre la parole au milieu de vous, ce n'est point pour vous entretenir de la guerre, de l'immense guerre, tour à tour terrible et morne, que nous avons traversée ensemble et dont beaucoup d'entre nous saignent encore : non, car tout ici nous en parle, et les pierres mêmes de cette cité se lamentent et crient, au souvenir des jours d'invasion et des jours de servitude. Ce n'est pas non plus pour vous entretenir de la paix bienheureuse : car il suffit de regarder le spectacle que la Belgique offre au monde depuis la conclusion de l'armistice, pour comprendre ce qu'est la paix et combien le peuple belge y excelle après avoir tant excellé dans la pratique des vertus guerrières. Mon dessein est tout autre : il est de vous introduire, un instant, dans le domaine scientifique qui m'est familier, dans le domaine où j'ai coutume de conduire les très jeunes gens qui sont mes élèves ; et de vous montrer quelques-uns des grands sphinx qui y trônent, silencieux et immobiles, pareils à ceux qui trônent au milieu des sables, dans le désert d'Égypte, et dont la seule vue évoque, en l'âme du voyageur, des pensées vertigineuses et des rêves sans fin.

(1) Conférence faite à Louvain, le 27 novembre 1919, à l'assemblée générale de la Société scientifique de Bruxelles.

Quel est ce domaine ? la Géologie. Et qu'est-ce que la Géologie ? C'est l'histoire de la Terre, l'histoire de la planète qui nous porte : reconstituée, cette histoire, et racontée, en remontant le plus loin possible dans le passé : en remontant, si l'on peut, jusqu'à l'heure, solennelle entre toutes, où la Vie est apparue sur le globe et où ont commencé les temps géologiques. Qu'une pareille histoire soit d'une reconstitution difficile : qu'elle devienne de plus en plus incertaine, imprécise et lacunaire, au fur et à mesure que l'on remonte l'échelle de la durée : c'est l'évidence même ; et vous savez tous que la Géologie est une science particulièrement énigmatique. Sans doute, il n'est pas de science qui ne soit énigmatique. Toutes sont des jardins d'énigmes : on s'y promène à l'ombre des mystères, et chaque fleur que l'on y cueille est un mystère nouveau. J'ai même dit autrefois, et je répète volontiers, que la Science est faite pour donner à l'homme le sens du mystère : qu'elle est évocatrice d'énigmes, plutôt qu'explicatrice : qu'elle est, avant tout et surtout, un héraut de l'Infini. Mais il y a des sciences plus mystérieuses que la plupart des autres, parce qu'elles vont plus loin dans le monde créé, parce qu'elles s'approchent davantage des origines et des causes, parce qu'elles confinent à la métaphysique, parce qu'elles font constamment appel à l'une de ces notions primordiales et cependant peu claires et mal comprises qu'on appelle l'Espace, le Mouvement, le Temps. La Géologie est ainsi. Elle nous parle sans cesse du Temps, de même que l'Astronomie, sa sœur, nous parle de Mouvement et d'Espace. Comme l'Astronomie, et tout autant qu'elle, la Géologie nous fait une âme de philosophe, une âme de métaphysicien. L'Astronomie nous apprend que tout est soumis à des lois : que rien, dans l'immense Espace, n'est livré au hasard. La Géologie nous montre que ces lois, tout en étant pré-

cises et inéluctables, ne sont pas immuables ; qu'aucune construction de l'Espace n'échappe au pouvoir du Temps ; que le Temps aura raison de tous les systèmes ; qu'il verra l'évolution, puis la destruction de tous les mondes, jusqu'au jour fatidique où il sera lui-même congédié, comme un serviteur désormais inutile.

L'abondance des énigmes est un des charmes de la Géologie, une des raisons de l'attrait incontestable qu'elle exerce sur les jeunes esprits. Parmi ces énigmes, il en est qui, de toute évidence, ne seront jamais résolues, sphinx dont le front et les yeux se cachent dans la brume, à une hauteur inaccessible. D'autres sont moins hautaines, moins fermées, plus accueillantes, presque humaines ; on peut espérer les résoudre, tôt ou tard ; tout au moins est-il possible d'en approcher, d'explorer et d'éclairer leurs abords : et rien n'est plus passionnant que d'affronter ainsi de difficiles problèmes, qui ne paraissent pas nécessairement insolubles et dont la solution se dérobe toujours au moment où nous croyons la saisir. Telles sont, par exemple, l'énigme des Plissements de la surface, l'énigme du Feu ou des Volcans, l'énigme du Sel, l'énigme des Effondrements, l'énigme du Métamorphisme. Et voici, tout à côté, deux énigmes bien autrement redoutables, deux sphinx au visage de ténèbres, l'énigme de la Vie et l'énigme de la Durée. Voulez-vous que nous fassions le tour de ces sept monstres ? J'aurais pu facilement vous en présenter davantage, car notre cheptel est une multitude. Mais la contemplation des sept que j'ai choisis suffira certainement pour vous donner une haute idée des problèmes au milieu desquels nous vivons, nous, les géologues ; et peut-être, si je ne suis point inférieur à mon rôle, laissera-t-elle en vous quelque impression.

Commençons, si vous le voulez bien, par *l'énigme des Plissements de la surface*. C'est un fait, connu de

tout le monde, que le visage de la Terre se déforme continuellement. Le changement est imperceptible, pour nous, d'un jour au jour suivant, d'une année à l'année suivante : il est réel pourtant, et, pendant que je vous parle, la face terrestre se modifie. D'une période géologique à une autre, ses divers traits se sont transformés, parfois totalement. Un homme qui aurait vécu pendant l'ère primaire, ou pendant l'ère secondaire, et qui, après un sommeil fabuleusement prolongé, se réveillerait maintenant et regarderait la planète, ne reconnaîtrait plus rien de son ancienne géographie : les mers sont différentes et aussi les montagnes. Cette incessante déformation procède de quatre causes : l'érosion, qui use les reliefs ; la sédimentation, qui comble les creux ; les mouvements verticaux, qui soulèvent momentanément un continent ou un fond de mer, et qui, par contre, au même instant, abaissent les régions voisines ; enfin, les plissements, qui sont la manifestation extérieure des déplacements horizontaux ou tangentiels. Des quatre causes que je viens d'énumérer, deux seulement, les deux dernières, sont énigmatiques. Nous constatons leurs effets : mais nous ignorons et la raison de leur existence et la vitesse, assurément variable, de leur action. Pourquoi cette portion de la surface s'abaisse-t-elle, et pourquoi cette autre portion s'élève-t-elle ? Pourquoi se forme-t-il, ici, tout un système de plis parallèles, comme si un fuseau du sphéroïde s'écrasait par le rapprochement de ses deux bords ? Ces mouvements ont-ils été lents ou rapides, par rapport à la durée énorme des intervalles de temps qu'on appelle les périodes géologiques ? Questions auxquelles nous ne pouvons pas répondre.

L'importance de la quatrième cause saute aux yeux. Les déplacements horizontaux, ou tangentiels, de la surface sont le trait le plus caractéristique de la déformation terrestre. Chacune de nos chaînes de montagnes

est un faisceau de plis, à peu près parallèles, faisceau rectiligne sur de longs parcours et devenant, çà et là, sinueux, comme s'il se moulait sur le bord accidenté d'un obstacle résistant ; dans chacune d'elles, le nombre des plis est énorme ; beaucoup de ces plis sont déversés, et presque tous dans le même sens ; le déversement va souvent jusqu'à les coucher les uns sur les autres, et l'on constate alors que certains de ces plis couchés ont cheminé sur leur substratum de plis, en se laminant, en s'étirant, en diminuant d'épaisseur, parfois en se tronçonnant ; ailleurs, tout un paquet d'assises ou de roches apparaît, venu de loin, posé sur le système plissé, sans que l'on puisse dire si ce paquet est un fragment de pli couché, ou un morceau transporté en surface, par simple translation et sans plissement préalable, du bord de la région soumise au resserrement et à l'écrasement ; ailleurs encore, on croit voir un coin gigantesque, formé d'autres roches et d'autres assises, venu de loin lui aussi, mais souterrainement, et parce qu'il a été chassé violemment entre deux zones superposées de l'empilement des plis et des nappes. On peut, dans certains cas, évaluer l'amplitude du déplacement horizontal qui se traduit par ces divers phénomènes : elle dépasse souvent cent kilomètres ; elle peut aller à plus de deux cents kilomètres. Ni le processus des déplacements, ni leur amplitude, ne paraissent avoir sensiblement changé au cours des âges : les très vieilles chaînes de montagnes, aujourd'hui presque entièrement ruinées et dont nous exhumons péniblement la lointaine histoire, sont faites comme l'Himalaya, les Alpes, les Montagnes Rocheuses et les Andes ; on y trouve les mêmes phénomènes de plis couchés et de charriages, et les transports de plis et de nappes n'y ont été, dans leur ensemble, ni plus grands, ni moindres. Il est donc bien vrai de dire que la surface terrestre se déforme en se plissant ou en se ridant.

Chose étrange : il n'en est pas de même de la surface lunaire. Et pourtant l'on ne peut pas douter que la Lune ne soit sortie de la Terre ; ou que la Lune et la Terre ne soient toutes deux sorties d'une même nébuleuse originelle. La Lune ne manifeste, sur la portion de son visage que nous connaissons, aucune tendance au ridement vraiment caractérisée. Il n'y a, sur notre satellite, aucune *chaîne* de montagnes véritable. Les inégalités de relief que l'on y observe sont : ou bien des traces d'une ancienne division polygonale, qui semble usée et à demi effacée ; ou bien de grandes fractures rectilignes ; ou enfin des cratères, ronds ou ovales, qui paraissent être les cicatrices laissées par d'énormes bulles gazeuses crevant à la surface.

On a d'abord dit : la Terre est formée d'une mince écorce solide, enveloppant un noyau liquide et soutenue par ce noyau. La chaleur du noyau se transmet à travers l'écorce et se dissipe dans l'espace. Le noyau se contracte et devient trop petit pour l'écorce, qui se plisse et se ride, dès lors, afin de maintenir le contact avec son support liquide. Aujourd'hui, étant donné ce que nous savons, par l'observation des séismes, sur l'élasticité du noyau terrestre, il faut parler un peu différemment. L'intérieur de la Terre est un gaz lourd, possédant une rigidité analogue à celle de l'acier ; et la région liquide, la région fondue, ne peut être qu'une zone peu épaisse, dite *pyrosphère*, comprise entre l'écorce solide, ou *lithosphère*, et la *barysphère* gazeuse. Toujours est-il que la base de la lithosphère, correspondant à un changement d'état, doit être à une température à peu près constante. Sa surface extérieure, chauffée par le soleil, est également à une température presque invariable. Il y a donc transmission, à travers la lithosphère, de la chaleur interne, comme, à travers la tôle d'une chaudière, il y a

transmission à l'eau de la chaleur du foyer : de sorte que la conclusion persiste et que l'on peut, sans absurdité, attribuer à la contraction de la barysphère et de la pyrosphère le ridement et le plissement de l'écorce. Mais pourquoi, sur la Lune, n'observe-t-on rien de semblable ? et pourquoi, même, y observe-t-on des phénomènes que l'on peut appeler contraires, des phénomènes qui suggèrent l'idée d'une écorce devenue trop petite pour son noyau et éclatant comme la peau d'un fruit mûr ?

Cette difficulté est un argument valable en faveur d'une autre théorie du plissement terrestre, la théorie *isostatique*. L'usure des reliefs continentaux par l'érosion, et le comblement graduel, par la sédimentation, des dépressions maritimes, ne peuvent pas se prolonger beaucoup sans détruire l'équilibre du globe terrestre, équilibre réalisé par une certaine distribution des matériaux denses et des matériaux légers dans la lithosphère. Périodiquement, donc, la lithosphère, suffisamment plastique dans son ensemble, se déformera d'elle-même pour chercher une nouvelle position d'équilibre. Cela se fera, presque toujours, par la formation d'une sorte de vague tendant à rejeter, sur un continent, les matériaux qui se sont accumulés dans la mer voisine parallèlement au rivage. Cette vague, c'est un faisceau de plis. Les chaînes de montagnes naîtront ainsi des grandes fosses de sédimentation et s'en iront déferler sur le bord continental de ces fosses. Rien de semblable ne peut, naturellement, apparaître sur la Lune, puisqu'il n'y a, sur notre satellite, ni eau, ni air, ni érosion, ni sédimentation.

Mais dès que l'on veut entrer dans le détail, la théorie de l'isostasie s'encombre d'inconnues et par conséquent d'hypothèses. A vrai dire, nous ne savons pas pourquoi la surface terrestre s'est ridée, dans les

périodes qui ont précédé la nôtre : nous ne savons pas si elle continue de se rider, ni dans quelles régions jouerait cette actuelle tendance au ridement, à supposer qu'elle existât : nous ne savons pas l'ordre de grandeur de la durée qu'il a fallu pour que, dans le passé, tel ridement prît naissance. Le visage de notre premier sphinx se perd dans la nuit.

Voyons une deuxième énigme : *celle du Feu ou des Volcans*. Un certain nombre d'ouvertures percent la lithosphère : il sort de ces évents des fumées chaudes, des laves, des nuées ardentes, des gerbes de bombes, de petites pierres et de cendres. Aujourd'hui peu actives et, somme toute, rares, les manifestations volcaniques n'ont jamais manqué d'exister depuis le début des temps géologiques et, presque toujours, elles ont été beaucoup plus intenses et beaucoup plus nombreuses qu'à l'époque actuelle. Les grands champs de laves du Dekkan se sont formés pendant le Crétacé ; dans les temps miocènes, se sont épanchées les coulées basaltiques, prodigieuses par leur étendue et par leur épaisseur, qui constituent la région de plateaux entre les Montagnes Rocheuses et les Coast Ranges ; et c'est au Miocène encore que les volcans du Nord de l'Atlantique, entre l'Écosse et l'Islande, ont été à l'apogée de leur puissance et de leur activité. Quand on étudie les terrains précambriens du Canada, on découvre, formant la base et le support de toutes les autres séries sédimentaires, une série que l'on a appelée Keewatin, dont l'épaisseur, mal connue, est à coup sûr de plusieurs milliers de mètres : dans ce Keewatin, des centaines de coulées volcaniques alternent avec des tufs, des cinérites, des conglomérats à galets de laves, et aussi avec des grès et des schistes ; à cette époque lointaine, les volcans abondaient et faisaient rage. Le volcanisme est donc, comme la tendance au

plissement, un des traits caractéristiques du visage de la Terre.

Il y a, d'ailleurs, une loi de répartition des volcans ; ils ne sont point semés au hasard. Ils jalonnent les bords des fractures rectilignes ou apparaissent dans les compartiments effondrés que ces fractures encadrent ; ils jalonnent aussi les bords des régions plissées quand de telles régions sont contiguës à des fosses océaniques profondes. Dans un cas comme dans l'autre, ils paraissent liés aux effondrements ou aux affaissements de l'écorce ; et il n'y aurait sans doute plus de volcans actifs, si la lithosphère cessait d'éprouver des mouvements verticaux de grande amplitude.

Les matériaux vomis par les volcans ont, quant à leur composition chimique ou minéralogique, une certaine variété, qui est précisément la même que l'on observe dans les roches massives, je veux dire dans les grands amas de roche homogène dont le type est le granite. D'où l'idée que chaque lave correspond à une roche massive et n'en diffère que par la façon dont elle s'est consolidée. Chaque volcan est l'évent qui sert d'exutoire à un réservoir de roche fondue : si le magma en question arrive, par la cheminée volcanique, jusqu'au jour ou jusque près du jour, il devient une lave ; si, le volcan s'éteignant et le réservoir se refroidissant, le magma se consolide en profondeur, il devient une roche massive.

Sauf des cas très rares, les laves renferment une forte proportion de silice, supérieure à 35 pour cent. Les laves, même les plus basiques, viennent donc, suivant toute vraisemblance, d'une zone peu profonde : car il y a de nombreuses raisons de croire que les éléments, dans l'intérieur de notre globe, sont classés par ordre de densité et qu'au delà d'une certaine profondeur, inconnue, mais certainement petite encore, tout est métal et presque tout est fer.

Il faut donc imaginer, au-dessous de la lithosphère solide dont l'épaisseur est faible et que l'on peut continuer d'appeler l'écorce, une zone en partie liquide, qui est le *lieu* des réservoirs de roches fondues, le lieu des réservoirs volcaniques, et que nous avons appelé la pyrosphère. A sa base, la pyrosphère passe à la barysphère gazeuse. La plus grande partie de la pyrosphère correspond à une zone terrestre qui renferme un peu plus de fer et de magnésium, un peu moins de silicium et d'aluminium que la lithosphère : Suess disait la zone *simique* (Si, Mg) pour désigner cette zone intermédiaire, et la zone *salique* (Si, Al) pour désigner la zone supérieure : dans le haut, cependant, la pyrosphère empiète parfois sur le domaine salique, et, dans le bas, elle empiète sur le domaine métallique où le silicium devient rare et où il n'y a plus d'oxygène, domaine que Suess appelait *nifique* (Ni, Fe). La plupart des laves des volcans, en effet, sont simiques ; quelques-unes sont saliques ; très exceptionnellement, il en est de nifiques. Il est bien remarquable que la nature des laves et les proportions, parmi elles, du nifique, du simique et du salique, n'aient pas varié sensiblement au cours des âges. Il est bien remarquable aussi que la Lune paraisse être, presque tout entière, composée de roches simiques, à l'exception de quelques amas de poussières volcaniques blanches, à sa surface, qui doivent être saliques, et à l'exception d'un noyau nifique de très court rayon.

Si j'ajoute que la pyrosphère n'est certainement pas immobile : qu'elle se déforme incessamment comme la lithosphère : qu'il n'y a pas de limite précise entre celle-ci et celle-là : que, au lieu d'une limite précise, il y a toute une région qui tantôt est liquide et tantôt solide, suivant les mouvements de descente et de remontée de l'écorce, et suivant l'intensité des dégagements gazeux : qu'il y a, en effet, sortant de la bary-

sphère, traversant la pyrosphère et cherchant à gagner le dehors, des dégagements continuels de vapeurs, par où la région nifique s'épure graduellement des matériaux légers qu'elle renferme encore, et par où la forme des surfaces isogéothermes change à tout instant ; que la sortie de ces vapeurs, parfois tranquille, procède d'autres fois par explosions, faisant sauter en l'air des montagnes et des îles et creusant, à travers la lithosphère, des cheminées cylindriques à axe vertical dont les parois sont aussi lisses que celles du tube d'un canon : si j'ajoute tout cela, je crois que j'aurai tout dit sur le volcanisme, tous les faits actuellement connus et toutes les déductions nécessaires de ces faits. C'est beaucoup déjà, n'est-ce pas ; et c'est extrêmement intéressant.

Mais combien d'inconnues encore, et que nous sommes loin d'avoir résolu le problème ! A quelle profondeur moyenne gît la pyrosphère ? En quoi consiste, au juste, la relation certaine entre les effondrements et les manifestations volcaniques ? Faut-il croire que les dégagements gazeux, indéniables, qui apportent incessamment, à la surface, de la vapeur d'eau, des chlorures, de l'acide carbonique, de l'hydrogène, de l'hélium, durent depuis le commencement des temps géologiques sans qu'ils aient une contre-partie ; c'est-à-dire sans qu'il y ait, d'une façon continue ou d'une façon périodique, absorption, par l'écorce, des eaux de l'Océan ? Et alors quelle serait la cause et quel serait le mécanisme de cette absorption ? Ces secrets, et beaucoup d'autres, ne semblent pas près d'être pénétrés.

L'énigme du Sel touche de très près à l'énigme du Feu. Voici en quoi elle consiste. Les eaux des fleuves, les eaux qui ont nettoyé l'atmosphère et lessivé la surface terrestre et qui s'en vont à la mer, apportent à celle-ci d'assez grandes quantités de sels minéraux,

parmi lesquels le carbonate de calcium domine, et où il y a aussi des chlorures, et principalement du chlorure de sodium. On peut aujourd'hui évaluer le tonnage de chlorure de sodium qui arrive ainsi, chaque année, dans la mer ; on sait d'autre part quel est le tonnage total de ce même chlorure actuellement contenu dans les eaux marines. D'où l'idée de calculer l'âge de la Terre, la durée des temps écoulés depuis qu'il y a des eaux marines sur le globe, en divisant le tonnage total de sel par le tonnage, supposé invariable, que les fleuves apportent à la mer chaque année.

Bien entendu, il y a des corrections à faire subir au quotient ainsi trouvé. Les vents qui soufflent du domaine maritime contiennent du sel, qui va tomber avec la pluie sur le continent et qui grossit l'apport salé des fleuves. Autre cause d'erreur, bien plus grave : les continents actuels renferment, çà et là, d'anciens dépôts marins où s'est conservée, sous forme de sel gemme, une partie importante du chlorure de sodium que renfermait, à l'époque de ces dépôts, le domaine maritime ; et les eaux qui lessivent les dépôts à sel gemme ne font que restituer à l'Océan ce qu'il avait antérieurement perdu. En tenant compte, aussi bien que l'on peut, de ces causes d'erreur, on trouve, pour la durée cherchée, un nombre d'années qui est de l'ordre de 80 millions : inutile de dire que la précision serait, ici, tout à fait illusoire. Mais ce n'est pas là qu'est l'énigme.

Si l'on réfléchit à l'origine nébuleuse de la Terre ; puis à cette période où la planète, chargée, à sa surface, de radeaux sombres de scories, avait, dans le ciel, l'aspect d'une *étoile variable ;* ensuite, au moment où elle s'est éteinte ; enfin, à l'instant où les vapeurs qui alourdissaient l'atmosphère se sont condensées en pluies brûlantes : on est conduit à penser que les chlorures ont dû se condenser avant la vapeur d'eau ; qu'il y a donc eu des pluies de sel, alors que la température

superficielle était encore supérieure au point critique de l'eau ; bref, que les premières eaux qui sont tombées sur la Terre y ont trouvé un peu partout d'épaisses croûtes de sel, dont la dissolution les a immédiatement saturées. Loin d'être faites d'eau douce, les mers primitives ont dû être plus salées que les mers actuelles. Leur salure a diminué ensuite, par le large excès de la condensation aqueuse ; puis, après être passée par un minimum, la salure s'est remise à augmenter, par l'apport incessant des fleuves. Cette considération tendrait à nous faire croire que la durée, calculée comme j'ai dit tout à l'heure, de 80 millions d'années environ, est beaucoup trop grande. Mais nous verrons bientôt qu'elle semble, en réalité, beaucoup trop courte, et que les temps géologiques ont, très probablement, duré bien davantage. La conclusion est qu'il doit y avoir une circulation du sel ; et qu'une cause, encore très mystérieuse, enlève chaque année à l'Océan une quantité de chlorure de sodium comparable à celle que les eaux courantes lui amènent. Nous n'avons pas la moindre idée de la façon dont cette cause peut agir.

Voici une quatrième énigme, *celle des Effondrements*. Que la lithosphère soit, dans son ensemble, plastique et qu'elle se déforme, cela n'a rien de surprenant ; que, dans sa déformation, les mouvements dirigés suivant la verticale, les mouvements qui exhaussent la surface ou qui l'abaissent, aient gardé jusqu'à la fin des temps tertiaires, et peut-être jusqu'à nos jours, une assez grande amplitude, cela semble aussi tout naturel. Chacun sait que les lignes de rivages se déplacent ; que la figure des mers a fréquemment changé ; que, dans la formation d'une chaîne de montagnes, le plissement n'a pas été le seul facteur ; qu'il y a fallu, encore, une ascension verticale du pays plissé au-dessus des régions avoisinantes. On admet tout cela

sans difficulté, et sans croire qu'il y ait là de bien grands secrets.

Mais si l'on regarde de plus près aux mouvements verticaux qui ont abaissé certains compartiments de la lithosphère, on est saisi de leur grandeur et de leur brusquerie. Ils apparaissent comme des effondrements plutôt que comme des affaissements ; et tout autour d'eux, les questions surgissent, auxquelles on ne sait que répondre.

Aucun doute ne subsiste sur la jeunesse de l'Atlantide. Hier encore, je veux dire au début du Tertiaire, de vastes terres continentales s'étendaient au soleil, sur l'emplacement d'une grande partie de cet océan, de vastes terres qui formaient ponts entre l'Europe et l'Amérique du Nord, entre l'Afrique et l'Amérique du Sud. Ces ponts se sont progressivement ruinés pendant les temps tertiaires, et, au Miocène, leur ruine n'était pas encore tout à fait complète. Peut-être la disparition de l'Atlantide, au Quaternaire, a-t-elle été le dernier épisode de l'immense écroulement. En tout cas, légende ou histoire, l'Atlantide offre un symbole exact de ce qui s'est passé bien des fois au cours des âges. Les terres ainsi ruinées et abîmées n'étaient point toutes de basses terres ; il y avait, parmi elles, des pays de montagnes. Les anciennes chaînes plissées, Calédonides et Altaïdes, dont il ne reste plus aujourd'hui que des vestiges usés, couraient, fièrement dressées, de la Scandinavie à l'Écosse et de la Bretagne au Canada : aujourd'hui, de longs tronçons de ces chaînes sont couverts par des milliers de mètres d'eaux marines. Dans la Méditerranée, les effondrements n'ont pas eu moins d'importance, et ils se sont prolongés, très certainement, jusqu'au Pliocène. L'Océan Indien est, de toute évidence, un ancien domaine continental englouti ; et vous savez que l'on peut se demander s'il n'en est pas de même du Pacifique, bien vaste pourtant,

et dont le fond descend à de telles profondeurs ! L'effondrement, si rapide, par rapport à la durée d'une période géologique, que nous sommes tentés de l'appeler brusque, et si ample qu'il arrive à produire, sur une certaine verticale, une dénivellation de plusieurs milliers de mètres, l'effondrement est, dans l'histoire de la Terre, un phénomène fréquent, presque habituel. Idée à laquelle nous nous habituons difficilement, tant est grande notre confiance dans la stabilité du sol et dans l'immobilité du niveau marin !

La puissance de destruction d'un effondrement ne s'exerce pas seulement sur la région abîmée ; les terres voisines, continents ou îles, peuvent être dévastées par les raz de marée, si l'effondrement est brusque, ou s'il procède par de brusques épisodes. Il n'y a pas de limites à cette puissance destructive des raz de marée ; elle peut aller jusqu'à supprimer toute vie animale terrestre sur une immense étendue de terres ; et cependant, il est de l'essence même d'un semblable cataclysme de ne pas laisser de traces durables sur la région dévastée. Si, par une exacte compensation des mouvements verticaux, le niveau moyen de la mer est rapidement rétabli, quelques années suffiront pour effacer tout vestige de l'irruption des eaux. C'est évidemment ce qui s'est produit le plus souvent ; et c'est sans doute pourquoi les documents géologiques continentaux ou insulaires, les seuls, malheureusement, que nous ayons à notre disposition, sont muets sur les grands raz de marée, sur les grands déluges, sur les grandes catastrophes qui ont, à diverses reprises, anéanti localement et momentanément une multitude d'êtres. Sujet de méditation pour le savant, occasion de rêverie pour le poète : demain, peut-être, provoqués par la descente aux abîmes d'un morceau de continent vaste comme l'Australie, les flots de l'Océan se rueront à l'assaut des côtes, sur tous les rivages du monde, et englouti-

ront, sous les ruines des villes et sous la boue des campagnes, le dixième de l'humanité. Quelques années passeront : et l'on se demandera, comme pour l'Atlantide, si c'est de l'histoire ou de la légende.

L'énigme du Métamorphisme, moins émouvante, parce qu'elle ne touche pas au sort de la race humaine, mérite cependant de vous être présentée. Vous savez de quels faits elle surgit. Les séries sédimentaires, épaisses alternances de schistes, de calcaires et de grès, plus ou moins riches en organismes fossiles, les séries sédimentaires changent parfois, dans certaines contrées, d'aspect et de nature : elles deviennent cristallines : la cristallisation y supprime toute trace d'organismes : elles se transforment en ces roches zonées et feuilletées que les géologues appellent cristallophylliennes et dont les principaux types sont les gneiss et les micaschistes. On a cru pendant longtemps que les terrains cristallophylliens étaient, comme on disait, des terrains *primitifs* : qu'il y fallait voir la pellicule de première consolidation du globe terrestre : idée erronée qui n'a pas survécu aux derniers et récents progrès de la connaissance. Il est certain qu'il y a des séries cristallophylliennes de divers âges : il est certain que chacune d'elles est le résultat de la transformation, sous l'empire d'un ensemble de causes très mal connues qu'on appelle le métamorphisme, d'une série sédimentaire ou d'un système de séries sédimentaires superposées. Le métamorphisme n'a jamais cessé d'agir. Pendant que je vous parle, il élabore silencieusement, je ne sais où et j'ignore à quelles profondeurs dans la lithosphère, les gneiss et les micaschistes de demain, que les plissements, les soulèvements verticaux et enfin l'érosion futurs mettront peut-être à découvert, dans un temps très éloigné. Et le processus de ce métamorphisme paraît être constant : il emploie toujours les

mêmes moyens, de la même façon, et ses produits demeurent à peu près identiques, à toutes les époques de la géologie. Sur tout cela on est d'accord. Mais dès que l'on veut savoir quel est le processus, et ce que c'est que le métamorphisme, on est prodigieusement embarrassé et l'on voit naître et se heurter des opinions fort diverses.

Les uns font appel à l'influence des magmas fluides montant de la pyrosphère et se logeant, qui pourrait dire comment ? dans des vides de la lithosphère ; ils assimilent le métamorphisme régional, qui, sur d'immenses étendues, transforme en gneiss et en micaschistes une série sédimentaire, au métamorphisme chimique que le granite et les autres roches massives semblent avoir développé autour d'eux et qui leur forme une auréole ; ils croient voir, dans nombre de gneiss, le résultat de l'injection du granite dans les lits de l'ancien sédiment ; pour ces géologues, le granite, la syénite, la diorite, le gabbro, arrivent à l'état fondu, tout formés, des profondeurs, comme arrive une lave dans le cratère d'un volcan.

D'autres, frappés de l'importance des phénomènes d'écrasement et de laminage que l'on observe dans les roches des pays de montagnes, attribuent la fabrication des séries cristallophylliennes à l'exagération des efforts dynamiques d'où ces phénomènes sont nés ; ils ont inventé le mot de dynamo-métamorphisme pour la cause présumée de recristallisation qui, d'une assise sédimentaire comprimée et laminée, ou d'une roche massive soumise à la même compression et au même laminage, fera un gneiss ou un micaschiste.

Je me suis, depuis bientôt vingt ans, beaucoup appliqué à montrer l'insuffisance de ces deux théories. C'était chose facile. Je me suis aussi efforcé, ce qui est beaucoup moins simple, de leur substituer une autre doctrine. Mais je dois avouer que je n'ai pas réussi, jusqu'à ce jour, à faire l'accord entre les lithologistes.

Pour moi, le métamorphisme régional résulte d'abord de la condition géosynclinale : cela veut dire qu'il présuppose la descente profonde des sédiments et des roches à transformer, leur enfouissement, jusqu'à une zone de la lithosphère où règne une température assez haute. Il résulte ensuite de la traversée, des roches ainsi enfouies, par des colonnes filtrantes de vapeurs montant de la pyrosphère, relevant sur leur parcours les isogéothermes et apportant des éléments divers, parmi lesquels des métaux alcalins. Partout où atteignent ces vapeurs filtrantes, des échanges chimiques s'opèrent : ici se réalise, par ces échanges, un mélange à point de fusion minimum, c'est-à-dire un eutectique, et il se fait un amas fondu, un amas liquide ; ailleurs, les échanges n'aboutissent qu'à une semi-liquidité ; plus loin encore de l'axe de la colonne chaude, tout reste solide et il y a seulement, dans le terrain surchauffé, des cristallisations nouvelles, produisant un métamorphisme incomplet. Bientôt l'afflux des vapeurs cesse ; les isogéothermes redescendent ; le refroidissement gagne toute la zone où les échanges chimiques se sont opérés ; les eutectiques fondus cristallisent et deviennent des amas de roches massives, granite, par exemple, ou tonalite, ou gabbro, ou péridotite, sans aucune structure zonée, parfaitement homogènes, parce que, dans un liquide, la pression n'a pas de direction ; les régions semi-fondues, où la pression conserve une direction puisque tout n'y est pas liquide, cristallisent, par contre, en des roches zonées, où chaque minéral, suivant la loi de Bravais, ordonne perpendiculairement à la pression son plan réticulaire de densité maxima. De telles roches zonées sont précisément les gneiss et les micaschistes. On explique ainsi du même coup la naissance du granite et celle du gneiss ; les rapports de ces roches et leur indépendance relative ; la liaison indéniable des séries cristallophylliennes aux géosynclinaux ; la pro-

pagation latérale, en tache d'huile, du métamorphisme dans les terrains sédimentaires ; inégale suivant la perméabilité des assises et s'éteignant graduellement tout autour d'une région centrale où la recristallisation est à son comble.

Mais, d'expliquer la mise en train et l'arrêt des colonnes filtrantes, il ne saurait être question. De même, la réalisation des eutectiques, au sein d'une masse solide que des gaz traversent, leur réalisation, dis-je, par le départ de certains éléments et par l'arrivée de certains autres, est un problème de *géochimie* qui dépasse encore de beaucoup nos moyens d'expérimentation.

Que sont cependant ces mystères du métamorphisme, du volcanisme, des mouvements verticaux et des déplacements tangentiels de la lithosphère, que sont ces mystères, à côté de ceux de la Vie, à côté de ceux de la Durée ? En abordant *l'énigme de la Durée* et *l'énigme de la Vie*, le géologue sent s'épaissir autour de lui les ténèbres, se dilater la solitude, se concréter le silence. Il n'y a, dans aucun désert, de sphinx comparables à ceux-ci.

A partir d'une certaine heure que les hommes ne sauront jamais, la Vie a pris possession des eaux marines et des eaux douces, et s'est étendue à la surface de la lithosphère et dans les régions basses de l'atmosphère. Elle a constitué bientôt, tout autour de la planète, une zone organisée, la *biosphère*, comme on dit quelquefois. Cela n'a été possible qu'après un suffisant refroidissement de la surface ; car nous ne concevons pas l'existence de la Vie dans des milieux dont la température serait voisine de cent degrés.

Cette heure, dont j'ai dit qu'elle est solennelle entre toutes, a marqué le commencement des temps géologiques. Nous ne savons d'elle qu'une chose, c'est qu'elle

est extrêmement lointaine. On a cru plusieurs fois, en remontant l'échelle des formations sédimentaires, toucher aux organismes primitifs, à la faune ou à la flore primordiale ; et bientôt l'on s'est aperçu que, sous les assises où ces organismes avaient été découverts, d'autres assises existaient, plus anciennes, où, de distance en distance, quelques traces organisées, quelques fossiles, apparaissaient. Dans la période cambrienne, que l'on a considérée longtemps comme l'aurore des temps primaires, la vie est déjà intense et compliquée ; elle n'a aucun des caractères que l'on devrait s'attendre à rencontrer dans une faune primitive, à supposer que la théorie de la descendance fût conforme à la réalité des faits. Sous le Cambrien fossilifère, en divers points du globe, par exemple au Canada et aux États-Unis, on connaît des systèmes d'une antiquité bien plus reculée, séparés les uns des autres par des discordances. Dans quelques-uns on a trouvé des fossiles : ici, des Crinoïdes ; là, des organismes qui semblent analogues aux Éponges ; ailleurs, des Crustacés ; ailleurs, des Radiolaires. Nul doute que si la recristallisation des sédiments, d'autant plus fréquente, naturellement, et d'autant plus intense qu'ils sont plus vieux, n'avait fait le plus souvent disparaître les organismes de ces très antiques dépôts, nul doute que la faune précambrienne ne nous apparût, elle aussi, très abondante et très variée. La vraie faune primitive, nous ne la connaîtrons pas : les sédiments où elle a été enfouie sont aujourd'hui des micaschistes ou des gneiss, ou encore de ces phyllades luisants dans lesquels la simple *diagenèse*, je veux dire le simple vieillissement en profondeur, a déterminé la production de tout un fouillis de cristaux microscopiques ; ces assises gardent le secret des débuts de la Vie et ne nous le livreront jamais.

Nous ne savons pas, et nous ne saurons pas, quel était, à ce moment-là, le visage de la Terre. Peut-être

les eaux couvraient-elles toute la surface : c'est l'hypothèse de la mer universelle, la Panthalassê d'Edouard Suess ; les premiers organismes auraient été des animaux marins ; la Vie aurait gagné les rivages et se serait adaptée aux conditions subaériennes, quand auraient surgi du sein des ondes les continents et les îles. Peut-être, au contraire, la Vie a-t-elle commencé par être continentale ; peut-être les végétaux, comme l'indique la Genèse, ont-ils précédé les animaux. Il serait tout à fait inutile de discuter à cet égard. Et notre ignorance n'est pas moindre sur les destinées futures du monde organique. Suess imagine, dans l'avenir, le retour à la Panthalassê, l'enfoncement graduel des terres actuellement émergées, la disparition, par conséquent, de la plupart des végétaux, et de tous les animaux qui prennent l'oxygène directement à l'atmosphère ; la vie continentale, pour lui, n'aura été, finalement, qu'un épisode entre deux périodes de vie exclusivement maritime, périodes précédées, elles-mêmes, et suivies par « le vaste et profond silence de la mort ». Rêveries séduisantes et décevantes, auxquelles il est difficile de ne pas se complaire, et qui s'évanouissent quand on s'en approche, pareilles aux fantômes que notre imagination crée à plaisir dans l'air vaporeux des nuits.

Mais nous savons ceci, et c'est une chose merveilleuse, d'où sort toute une science : nous savons que la Vie, au cours des âges, s'est transformée, d'une transformation relativement rapide et qui s'étendait, de proche en proche, à toute la biosphère. La chronologie géologique est fondée sur le double fait que la Vie a changé, et que ses changements ont été très sensiblement les mêmes dans les diverses régions de la Terre, pendant un intervalle déterminé de la durée. Bien entendu, cela ne nous donne pas le moyen de supputer en années le temps qu'il a fallu pour que se réalisât telle

ou telle modification : mais nous en tirons une chronologie relative, fondée sur la possibilité d'affirmer que deux phénomènes géologiques sont à peu près contemporains ; et c'est déjà beaucoup.

Nous avons ainsi le moyen de partager la durée, d'ailleurs inconnue, en un certain nombre d'ères, et les ères en périodes ; d'une ère à l'autre, d'une période à la suivante, la faune et la flore se modifient, plus ou moins selon les familles, les classes ou les embranchements considérés, toujours assez, dans leur ensemble, pour que la distinction soit facile, pour que le rattachement d'un sédiment à une période déterminée soit possible, à la seule condition que le sédiment soit assez riche en fossiles. Cette incessante transformation de la Vie ne s'est point opérée au hasard ; elle est ordonnée suivant un plan ; elle est sûrement régie par des lois. Mais quel est le plan et quelles sont les lois ? Ici nous retombons en plein mystère : les théories ne manquent pas ; ce sont des accumulations d'hypothèses, et non pas des chapitres définitifs du livre de la Connaissance. Voici quelques faits, qui doivent dominer les théories.

Dans les plus anciennes faunes dont nous sachions quelque chose, il semble que, déjà, tous les embranchements et la plupart des classes d'Invertébrés soient représentés : le fait est certain pour la faune cambrienne. Dès que l'on arrive aux périodes où la faune est relativement bien connue, par exemple à la période silurienne, on n'éprouve généralement aucun embarras pour faire entrer un animal quelconque, invertébré ou poisson, dans l'une des cases de la classification zoologique actuelle : ce qui revient à dire que, déjà à ces époques reculées, beaucoup des grands types d'organisation, qui nous sont offerts par les animaux actuels, existaient, et que rien n'existait en dehors de ces types. La transformation de la Vie, d'une époque à l'autre, résulte surtout de deux phénomènes : disparition rapide

de certaines espèces, voire de certains genres ou de certaines familles ; apparition brusque d'êtres nouveaux, dont la filiation, le plus souvent, demeure douteuse ; et non pas seulement d'espèces nouvelles, mais de genres nouveaux, ou de familles nouvelles, que l'on nomme souvent *cryptogènes* pour rappeler que leur origine est inconnue. On observe en outre des transformations qui semblent évolutives, des transformations graduelles d'espèces d'un même genre, de genres d'une même famille ; on suit de la sorte des *phylums*, qui paraissent avoir évolué parallèlement ; mais la tête de chaque phylum est cachée, et l'on ne peut jamais saisir le rattachement précis de deux phylums à un même tronc ; de même que jamais, jusqu'ici, on n'a pu constater le franchissement, par un phylum qui semble authentique, des limites d'une famille, à plus forte raison des limites d'une classe. L'étude de la flore conduit à des résultats analogues. « La plupart des grands groupes de plantes, disait Zeiller, se montrent, dès le début, aussi tranchés qu'aujourd'hui. Entre eux, il n'y a pas de passage graduel ; mais il y a des types intermédiaires qui suggèrent simplement l'idée d'une origine commune qu'il faudrait faire remonter bien plus haut que les plus anciens documents. Pour la plupart des groupes, l'origine est brusque et l'apparition et l'expansion se sont faites dans des conditions de rapidité déconcertantes. Pour les espèces, on observe des mutations ; mais on voit ces mutations s'arrêter à de certaines limites sans franchir les intervalles qui les séparent des espèces les plus voisines. Pour les genres, la série est toujours discontinue ; on soupçonne le passage d'une forme à l'autre ; les phases intermédiaires qui établiraient la réalité de ce passage se dérobent à nos constatations. »

Parmi les exemples de brusque apparition et de rapide expansion de tout un ensemble d'êtres, il n'en est pas de plus impressionnant que la survenue des mammi-

fères placentaires au début de l'Éocène, survenue pour laquelle les paléontologues ont créé le mot significatif d'*explosion*. Ces mammifères ne se montrent pas au Crétacé : ils ne sont annoncés par aucune forme de passage : ils apparaissent, en grand nombre et à peu près simultanément, dans trois régions que séparent de vastes espaces, les États-Unis, la Patagonie, la France; et déjà ils sont différenciés en ordres parfaitement distincts, et l'on y reconnaît des Ongulés, des Carnassiers, des Primates. Remarquez qu'il s'agit là d'une époque relativement récente. Les documents géologiques du Crétacé supérieur ne nous manquent pas : aucun ne permet de prévoir l'explosion qui va survenir.

Un autre fait, non moins inexpliqué, est la longue permanence de certaines espèces et de certains genres, alors qu'autour d'eux tout change. Ces genres et ces espèces qui ne subissent pas de modifications, ou qui ne se transforment qu'avec une lenteur extrême, sont bien connus des géologues qui les appellent volontiers de mauvais fossiles. Les bons fossiles sont, au contraire, ceux qui, brusquement apparus, disparaissent vite ou font rapidement place à des mutations bien distinctes du type originel.

Les faits que je viens de résumer et que je crois incontestables nous laissent dans une immense incertitude. Il serait puéril de croire que la simple notion d'évolution va tout expliquer : en réalité, le mot d'évolution, qui a un sens précis, un sens parfaitement scientifique, quand on l'applique à la variabilité de l'espèce, est absolument vide de sens quand on veut s'en servir pour désigner le processus général des transformations de la Vie. Il y a une science de l'évolution, qui s'appuie sur des observations certaines, et qui nous apprendra un jour — nous ne le savons pas encore — dans quelles conditions, sous l'empire de quelles causes, et jusqu'à quelles limites définies, l'es-

pèce est susceptible de varier. Ce que l'on a appelé théorie de la descendance n'est que la généralisation injustifiée des premiers résultats, à peine acquis, de cette science. Affirmer que « toutes les formes organiques dérivent les unes des autres, les plus compliquées se développant des plus simples, en remontant jusqu'à l'origine même de la Vie », c'est sortir de la méthode scientifique. Que l'on énonce cela comme une hypothèse, je le veux bien ; que l'on présente cette hypothèse comme vraisemblable et même séduisante, c'est affaire de goût, de tempérament, et de conception générale du monde ; mais je trouve insupportable qu'on l'érige en dogme. J'irai plus loin, et je dirai que je la trouve, quant à moi, peu vraisemblable, parce que le perfectionnement, graduel et presque illimité, des êtres issus d'une même souche, me paraît contraire au principe général qui domine le monde matériel et qui est le principe de la dégradation de l'énergie. Non vraiment, je ne connais rien, dans le monde entier, qui m'incite à croire que l'homme, si grand dans sa misère, puisse descendre de la brute ; et je n'incline pas davantage à chercher, dans les Protozoaires, les ancêtres de nos animaux supérieurs. Je préfère avouer, en toute humilité, ma complète ignorance.

Éloignons-nous, non sans regret, de cette énigme de la Vie, et tournons nos yeux, pendant quelques instants, vers le dernier de nos sphinx, *l'énigme de la Durée*. Que savons-nous sur la durée des temps géologiques ? Avons-nous quelque idée, quelque pauvre idée, de la longueur de l'une de ces périodes pendant lesquelles la Vie a si largement changé, et non seulement la Vie, mais aussi tout l'ensemble du visage de la Terre ? Voici ce que je crois qu'on peut répondre.

Les évaluations précises, en nombre d'années, sont impossibles, même pour les périodes les plus voisines

de la nôtre. Le seul essai vraiment scientifique, en pareille matière, est celui qu'ont récemment tenté les géologues suédois, De Geer à leur tête, et qui s'applique à l'intervalle de temps, très court évidemment par rapport à la chronologie générale, pendant lequel a reculé, depuis la Scanie jusqu'au Norrland, le dernier des grands glaciers scandinaves. Les eaux de fonte de ce glacier aboutissaient à une mer intérieure et y déposaient des lits d'argile : cette formation quaternaire marine, incorporée ensuite au continent, est actuellement observable en beaucoup de points de la Suède, et l'on constate qu'elle se divise en une alternance, bien des fois répétée, de lits d'un gris clair et de lits d'un gris foncé : si l'on admet, ce qui paraît la seule hypothèse possible, que les lits clairs correspondent à l'été et les lits foncés à l'hiver, on a, en comptant les alternances, le moyen de supputer les années pendant lesquelles le dépôt s'est formé. On a trouvé ainsi 5000 ans, environ. Il aurait fallu 5000 ans pour que la dernière des grandes glaciations quaternaires reculât, en Suède, d'un millier de kilomètres. Vous savez que pendant cette dernière glaciation, l'homme existait dans nos pays : c'était la période froide pendant laquelle le mammouth et le rhinocéros à fourrure vivaient dans le sud de la France, pendant laquelle aussi les hommes habitaient des cavernes : les 5000 ans du retrait des glaces scandinaves correspondraient aux deux plus récentes divisions de l'époque paléolithique, le Solutréen et le Magdalénien. Résultat d'un immense intérêt, malgré son imprécision : parce qu'il nous donne une aperception sur l'ordre de grandeur des temps humains. L'humanité, à supposer qu'elle ait commencé dans la période, dite chelléenne, qui sépare la dernière invasion glaciaire de l'invasion précédente, l'humanité serait vieille de quelques dizaines de milliers d'années.

Mais qu'est-ce que cela dans l'immense durée des

temps géologiques ? Lorsque l'homme est apparu sur la Terre, les mers et les montagnes étaient, à très peu de choses près, les mêmes qu'aujourd'hui. Il est certain, cependant, que plusieurs fois la forme des mers et celle des montagnes ont changé, grandement changé, dans les périodes qui ont précédé la nôtre. D'immenses chaînes de montagnes, tout aussi larges, tout aussi longues, et problablement tout aussi hautes que la chaîne des Alpes, ont accidenté le visage terrestre ; et ces chaînes, lentement attaquées par l'érosion, ne sont plus maintenant que des ruines, parfois à peine reconnaissables, parfois même ensevelies sous un manteau de sédiments. De vastes régions, aujourd'hui continentales, ont fait autrefois partie du domaine maritime ; quelques-unes sont assez relevées au-dessus des mers actuelles et assez entamées par les actions érosives, pour que nous puissions mesurer l'épaisseur des dépôts formés, dans les anciennes mers, à chacune des périodes géologiques pendant lesquelles l'immersion de ces contrées s'est prolongée. Si nous essayons d'évaluer, en partant des données que nous avons sur les phénomènes actuels d'érosion et de sédimentation, le temps qu'il a fallu pour ruiner une chaîne de montagnes, ou encore le temps qu'il a fallu pour combler, ici sur quelques centaines, là sur quelques milliers de mètres de hauteur, une dépression maritime, c'est à des millions d'années et même à des dizaines de millions d'années que nous aboutissons. Le million d'années, voilà quelle est l'unité : sur ce point, il n'y a pas de doute. Chaque période géologique a duré plusieurs millions d'années, sinon plusieurs dizaines de millions. Quelle est leur durée relative ? on ne le sait pas, ou on le sait très mal. Et quel est le total de ces durées de périodes ? Atteint-il cent millions ? Dépasse-t-il largement ce nombre ? On l'ignore. Le sentiment général, parmi les géologues, est que cent millions

est un minimum. Depuis la découverte des corps radioactifs, une nouvelle méthode de calcul a surgi, en effet, dont les résultats, assez concordants dans leur ensemble, conduisent à allonger beaucoup les périodes, jusqu'à attribuer à quelques-unes d'entre elles cent millions d'années ; mais la méthode repose tout entière sur un postulatum invérifiable, qui est la constance absolue de la vitesse de désintégration de l'atome instable ; de plus, les causes d'erreur, dans de tels calculs, sont nombreuses.

Je rappellerai le principe. Les corps radioactifs forment deux séries aboutissant l'une et l'autre au plomb, l'une partant de l'uranium, l'autre du thorium. Dans chaque série, rien n'est stable, sauf le plomb, aboutissement final : tous les autres atomes se désintègrent, en dégageant de l'hélium, et tendent à passer à l'atome suivant. L'atome radium est un des stades intermédiaires de la série uranium-plomb. Plus on avance dans la série, et plus la vitesse de désintégration augmente. Si l'on appelle demi période le temps qu'il faut pour détruire la moitié d'un certain poids d'un élément radioactif, la demi-période du radium est de 1660 ans, tandis que celle de l'uranium est de six milliards d'années. Cela étant, on peut concevoir trois manières de faire le calcul d'âge.

Quelques minéraux uranifères ou thorifères, comme la pechblende et la thorianite, tiennent emprisonnées de grandes quantités d'hélium, alors que la plupart des autres minéraux ne renferment que des traces infimes de ce gaz. On sait que l'hélium sort de l'uranium et du thorium, et l'on a pu mesurer les vitesses de ce dégagement : un gramme de thorium dégage un centimètre cube d'hélium en 30 millions d'années. Si un échantillon de thorianite, par exemple, renferme cent millions de fois plus d'hélium que le thorium contenu n'en peut dégager en un an, c'est que le dégagement d'hélium a

commencé, tout au moins, il y a cent millions d'années. Je dis tout au moins, car il est à croire qu'une partie importante de l'hélium, la moitié peut-être, s'est échappée du minéral. Les âges ainsi calculés seraient donc des minima. On trouve des nombres énormes : jusqu'à 700 millions d'années pour certains minéraux du Précambrien américain.

Un autre procédé, élégant et quelque peu étrange, utilise les auréoles polychroïques que l'on observe, dans le mica noir des roches massives, autour des inclusions microscopiques de zircon. Joly et Rutherford ont montré que ces auréoles sont dues au dégagement d'hélium, issu de l'uranium ou du thorium que contient le silicate de zircone ; ils ont fait voir aussi que la couleur de l'auréole dépend de deux causes, la radioactivité du cristal microscopique excitateur et son âge, ces deux causes étant complémentaires. Comme on sait produire des auréoles artificielles, dans le même mica noir, avec des grains cristallins très radioactifs et un temps très court, on pourra, de la comparaison de deux auréoles de même couleur, l'une naturelle, l'autre artificielle, et de la mesure des radioactivités des cristaux excitateurs, déduire l'âge du minéral naturel. On a trouvé ainsi de 50 à 470 millions d'années pour l'âge des zircons de certains granites.

On peut enfin se servir du dosage du plomb et de l'uranium contenus dans un minéral radioactif, en admettant que le plomb soit, ici, tout entier d'origine radioactive. Dans un an, un gramme d'uranium fournit, par désintégration totale, une fraction de gramme de plomb représentée par $1{,}25 \times 10^{-10}$: ce qui revient à dire qu'un gramme d'uranium fournit un gramme de plomb en 8 milliards d'années. Il n'y a qu'à multiplier par 8 milliards le rapport Pb U des teneurs actuelles en plomb et en uranium

d'un minéral radioactif, pour avoir l'âge de ce minéral. En opérant sur des uraninites du Carbonifère américain, Barrell a trouvé 320 millions d'années ; des uraninites du Précambrien de Norwège seraient, d'après le même auteur, vieilles de près d'un milliard d'années ; on arriverait même à un milliard et demi d'années pour l'âge des minéraux de certains granites de Finlande, granites logés dans de très vieux gneiss archéens ; mais peut-être ces dernières roches sont-elles antérieures à l'apparition de la Vie.

Il y a, entre les résultats fournis par les trois procédés de la méthode radioactive, un accord qui, sans être parfait, ne laisse pas d'être impressionnant. Barrell en a tiré, en 1917, un tableau de durées probables que je résumerai en ces trois lignes :

l'ensemble du Quaternaire et du Tertiaire aurait duré de 55 à 65 millions d'années ;

le Mésozoïque, de 135 à 180 millions d'années ;

le Paléozoïque (sans remonter au delà du Cambrien), de 360 à 540 millions d'années.

Tout cela est vraisemblable, et cependant très incertain. Retenons simplement que les évaluations auxquelles on se tenait il y a vingt ans doivent être fortement majorées. Les temps géologiques comprennent probablement quelques centaines de millions d'années, et non pas seulement quelques dizaines de millions.

Quant aux temps qui ont précédé la Vie et que j'appelle les temps cosmiques, rien, absolument, ne nous donne la moindre idée de leur durée formidable.

Je m'arrête sur ce nouvel et dernier aveu d'ignorance. Lentement, comme les six autres, notre septième énigme, l'énigme de la Durée, s'enfonce dans la brume et se dérobe à nos regards. Il serait vain, nfiniment vain, de l'interroger davantage.

De cette promenade dans mon jardin étrange, et de ce colloque avec les sphinx qui le peuplent, je voudrais que quelque chose d'important restât à chacun de vous:

Tout d'abord, une estime plus grande, une estime extraordinaire pour la Géologie, qui est le berger de ces monstres et qui s'efforce de les apprivoiser, et d'arracher quelques secrets à leur effrayant mutisme; pour la Géologie, qui conduit l'homme si près de l'Inconnaissable, et donc si près de Dieu ;

Ensuite, un goût plus vif pour tout ce qui est mystère, pour tout ce qui est science, pour tout ce qui est compréhension ; pour tout ce qui est marche en avant, même au travers des ténèbres, vers la Lumière et la Vérité ;

Enfin, une conception plus haute de l'immense dignité de l'âme humaine ; de l'âme capable de s'intéresser à de pareils problèmes, qui semblent, de prime abord, la dépasser infiniment ; de l'âme, plus grande assurément que tous les mondes de l'Univers visible, puisqu'elle les embrasse d'un coup d'œil, qu'elle a conscience de leur caducité et de leur brièveté, et qu'elle les plaint de n'être point éternels.

Si j'ai réussi à vous laisser, ce soir, quelques pensées de cet ordre et quelque durable impression bienfaisante, je n'aurai point été trop indigne de la confiance que m'a témoignée la *Société scientifique de Bruxelles* et de l'attention merveilleuse que vous avez bien voulu prêter à ma parole. De cette confiance et de cette attention, j'emporterai, quant à moi, un souvenir reconnaissant et ineffaçable.

PIERRE TERMIER
Membre de l'Institut de France,
Professeur à l'École des Mines de Paris.

LE CONFLIT

SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES

« Qu'est-ce qu'un courant électrique ? » se demandait Joseph Bertrand, en 1887. — « Nul ne le sait, et bien peu croient le savoir. » (1)

La fine ironie qui perce entre chacun des mots de cette phrase lapidaire a encore réduit le petit nombre de ceux « qui croyaient savoir ». Si Joseph Bertrand, l'illustre Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, qui professait depuis vingt-cinq ans un cours d'électricité au Collège de France et achevait de rédiger ses brillantes leçons sur *la Théorie Mathématique de l'Électricité*, publiées en 1889, ignorait même ce qu'est un courant, qui osera garder encore l'illusion de rien connaître de l'induction et des rayons X ?

Le scepticisme de Bertrand ne se limitait point à ces branches de la physique, de plus récente venue, il s'étendait à toute cette science : écoutons-le, en effet, continuer son monologue. — « Savons-nous mieux ce qui se passe dans tout autre phénomène physique ? Qu'est-ce que la chaleur ? Quel est le mécanisme de la pression des gaz ? Notre ignorance est-elle moins complète ? » (2)

(1) J. Bertrand, *Thermodynamique* (Paris, Gauthier-Villars, 1887), p. 274.
(2) J. Bertrand, *Leçons sur la Théorie Mathématique de l'Électricité* (Paris, Gauthier-Villars, 1889), p. 144.

Le mathématicien Bertrand n'était, du reste, pas le seul sceptique de son espèce : voici ce que pensait de ces questions un autre maître, plus physicien et plus profond penseur que lui, dont la postérité placera le nom à côté, si ce n'est au-dessus du sien : « Quand une théorie scientifique, écrivait Henri Poincaré, en 1905 (1), prétend nous apprendre ce qu'est la Chaleur, ou l'Électricité, ou la Vie, elle est condamnée d'avance ; tout ce qu'elle peut nous donner n'est qu'une image grossière ». Et, dans la Préface-Introduction d'un de ses plus profonds Traités, il déclarait encore à son lecteur (à son disciple), que les théories « n'ont pas pour objet de nous révéler la véritable nature des choses : ce serait, ajoute-t-il, une prétention déraisonnable » (2). Elles peuvent conduire à des représentations approchées des choses ; mais, semblables à des miroirs déformants, elles sont impuissantes à nous les faire connaître telles qu'elles sont ; elles présentent, dit un autre, certaines explications ; toutefois celles-ci ne constituent « guère qu'une sorte de parodie de la vérité » (3). Les éléments des corps, auxquels elles attribuent une figure, doivent être considérés comme « de pures inventions de notre esprit, des noms que nous faisons substance, des mots auxquels nous prêtons une réalité » (4) ; pour le coup, c'est un chimiste-physicien qui parle, non moins illustre que les précédents, Henri Sainte-Claire Deville.

Ces citations mettent en lumière une doctrine qui est très répandue et très à la mode aujourd'hui ; elle a même été énoncée un jour à la Chambre, par un

(1) Henri Poincaré, *La Valeur de la Science* (Paris, Flammarion, 1905), p. 267.

(2) Henri Poincaré, *Théorie mathématique de la lumière* (Paris, Carré et Naud, 2e édition, 1892).

(3) Lodge, *Modern Views of Electricity*.

(4) Henri Sainte Claire Deville, *Leçons sur l'affinité* ; BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS, 1867).

député qui avait enseigné la philosophie dans une Faculté avant d'être le *leader* du parti socialiste en France : « L'admirable savant qui a écrit un jour : le Monde n'a plus de mystère, me paraît avoir dit une naïveté aussi grandiose que son génie » (1).

Mais restons sur le terrain de la science avec les hommes de science et ne parlons que leur langage. Les théories physiques ne peuvent rien nous apprendre sur la raison d'être des lois et sur la nature des phénomènes qu'elles régissent : voilà la thèse. « L'ignorance qui se connaît » de Pascal est érigée en système : ce n'est plus celle dont on n'a pas conscience ou qui se dissimule avec candeur : nullement : on l'avoue, on la professe, on la proclame bien haut et l'on s'en fait honneur.

Elle porte sur des mystères que nous sommes, dit-on, incapables de pénétrer, parce qu'ils sont transcendants à l'expérience et dépassent la portée de nos intelligences. Cette conviction d'impuissance entraîne le sacrifice d'illusions complaisamment caressées par des esprits qui avaient la foi trop facile par défaut de critique et formulaient, au jugé, des conclusions mal justifiées et quelquefois ridiculement prétentieuses.

Que restera-t-il dès lors de ces glorieuses théories, signées des noms les plus grands et les plus illustres, de ces ingénieuses et suggestives hypothèses, dont la description a bercé notre enfance, chanson d'autant plus chère à nos souvenirs qu'elle était plus endormante ?

Au dire des uns, il n'en resterait donc rien que des artifices de langage et des formules commodes, d'une utilité passagère ; et l'on remise dédaigneusement ces défroques démodées dans le coin perdu du vestiaire

(1) Jean Jaurès, *Discours prononcé à la Chambre des Députés*, le 21 janvier 1910.

où deviennent la proie des vers celles qui ont cessé de servir parce qu'elles ont cessé de plaire.

Le progrès des idées impose dès lors aux chercheurs un changement d'objectif de leurs travaux et aux savants un renversement d'idéal !

D'autres, au contraire, moins entiers et moins absolus dans leurs jugements, estiment que ces vêtements de la pensée des maîtres qui sont les fondateurs de nos connaissances scientifiques gardent toujours quelque chose de la beauté qui avait conquis les suffrages de leurs contemporains ; que les conceptions de si puissants esprits n'ont pas été entièrement tissues de rêves et d'illusions et que, pour ne point posséder la certitude du carré de l'hypoténuse, elles renferment néanmoins une part de vérité, dont leur fécondité même a été un garant irrécusable. Les utilités que ces méthodes ont procurées, les découvertes auxquelles elles ont conduit nos pères, non moins que la force des raisonnements et le charme des doctrines, doivent les sauver du dédain d'un savoir, plus averti assurément, mais devenu trop circonspect et imbu d'un criticisme exagéré. Elles font partie du patrimoine inaliénable de la science que les générations se lèguent l'une à l'autre : qu'on les accepte sous bénéfice d'inventaire et en formulant de prudentes réserves, soit ; mais qu'on ne les repousse pas *a priori*, en bloc, sans distinguer, en leur déniant toute valeur. Les lois du Monde sont écrites dans une langue qui n'est pas la nôtre et dont les caractères ne sont pas encore tous connus ; mais nous commençons à déchiffrer ces hiéroglyphes. Si une première version présentait d'inévitables méprises, on peut compter qu'elles seront corrigées et qu'un jour viendra où le texte mystérieux sera traduit assez fidèlement pour être compris, du moins dans ses grandes lignes.

Les savants semblent se partager ainsi entre deux écoles, de manières de voir opposées : d'un côté, les tenants des anciennes traditions, de l'autre, ceux que j'aurais appelés les modernistes, si le mot n'était déjà occupé dans une acception malsonnante ; que je qualifierai de modernisants, parce que leur mentalité correspond aux tendances supercritiques positivistes et pardessus tout sceptiques de notre époque. On les désigne aussi par le nom de pragmatistes, qu'on met en face de celui de dogmatistes (1) ; mais nous n'attachons pas grande importance à ces dénominations, essentiellement discutables. Ce qui ne l'est pas, c'est l'antagonisme des idées des deux groupements. Nous aurons à nous prononcer entre eux, avant d'aborder, comme nous comptons le faire plus tard, l'examen des hypothèses qui ont régné tour à tour en Électricité. Il serait peu sérieux, en effet, de prétendre caractériser les traits de ressemblance que ces images présentent avec la réalité, si l'on n'établissait d'abord qu'elles peuvent en offrir une. Nous entrerons donc en matière par des considérations générales sur l'origine et le développement des hypothèses et des théories de la physique et la valeur qu'on doit leur attribuer.

Qu'est-ce que la science peut connaître et comment peut-elle le connaître ?

Pour répondre à cette question, il faut étudier les procédés et la manière d'arriver au vrai de la science.

Rendons-nous compte d'abord de ce qui constitue essentiellement la méthode scientifique.

Suivant un ordre logique plus que chronologique,

(1) Au mot *pragmatique* on lit dans Littré : « Néologisme emprunté aux Allemands..., qui tire des faits étudiés en eux-mêmes leur esprit, leur ordre et leur liaison nécessaire ». Le mot *pragmatiste* ne se trouve pas dans le Dictionnaire, non plus que dans le grand dictionnaire Larousse.

nous marquerons trois étapes du savoir, trois degrés dans la connaissance du monde extérieur.

Au premier degré, les phénomènes sont observés au jour le jour, au petit bonheur, comme ils se présentent ; la curiosité humaine progressivement éveillée note plus ou moins judicieusement, par le gros et par le détail, surtout par le détail, les circonstances de leur production. La découverte du fait naturel est suivie d'une expérimentation faisant naître dans des conditions provoquées, offrant un caractère souvent artificiel, une répétition de ces circonstances. Cuvier a dit que l'observateur écoute la nature, alors que l'expérimentateur l'interroge ; il a même ajouté que ce dernier la force à parler. Est-il déjà un savant ? C'est du moins un érudit. Il accumule un amas de faits, compilation désordonnée et confuse de documents qu'il se préoccupe médiocrement de débrouiller, de crainte de s'y perdre. Le temps se chargera de décider de leur valeur : pour le moment, on veut tenir compte de tout, plus soucieux de ne rien laisser échapper que de consigner uniquement sur ses tablettes des faits indiscutables. Joignant l'exemple au précepte, le chancelier Bacon étudie donc les dilatations produites par la chaleur ; Galilée, qui a suivi du regard les oscillations de la lampe du dôme de Pise, étudie le mouvement du pendule ; déconcerté par la rapidité de la chute des graves, il les fait rouler le long d'un plan incliné ; Messieurs de l'Académie de Florence repèrent des températures sur leur thermoscope ; Salomon de Caus s'intéresse à la tension des vapeurs saturées, Gilbert aux aimants et à l'arc-en-ciel, J. B. Porta aux images réelles qui vont se peindre au fond de la chambre noire, etc. On collectionne donc avec ardeur des observations variées et l'on marque d'une croix celles qui paraissent mériter d'être retenues ; en rangeant leurs acquisitions, ces infatigables « prospecteurs » commen-

cent alors à y mettre un peu d'ordre. D'instinct, leur recherche s'oriente vers un but déterminé vaguement entrevu ; un premier travail de pensée accompagne celui de leurs mains ; toutefois c'est encore le règne de l'empirisme.

Mais voici que les savants correspondent entre eux, se font part de leurs trouvailles, les discutent et les soumettent à un examen sévère, j'allais dire à un criblage, qui leur permet de les trier et de séparer l'ivraie du bon grain. Par induction (1), ils rattachent entre elles les constatations faites à l'aide de méthodes diverses ; ils y découvrent des rapports de dépendance et un mode d'action permanent des forces naturelles. L'ordre, la succession dans les phénomènes leur suggère des formules simples, résumant, dans leur généralité, un grand nombre de cas individuels ; ce sont des *lois*, dont ils ébauchent les énoncés. Prenons un exemple. Les PP. Mersenne et Noël, Ricci, Descartes, Pascal échangent leurs vues sur l'expérience de Torricelli : Pascal émet l'idée que la pesanteur de l'air pouvait bien être cause des effets que l'on avait jusqu'alors attribués à « l'horreur de la nature pour le vide ». L'idée de l'air pesant se répand, l'idée du vide se précise. Otto de Guericke en appelle à l'expérience pour mettre fin à des controverses qui menaçaient de rester stériles et il invente la machine à faire le vide ; puis il déduit de l'expérience de Boyle, de la vessie aplatie qui se gonfle dans l'air raréfié, que l'air est un fluide élastique, éminemment expansible et compressible ; Mariotte et Boyle annoncent alors simul-

(1) L'induction, dit M. Lachelier, est le « raisonnement par lequel nous érigeons en lois universelles des rapports de causalité dûment constatés » ; elle diffère de la déduction, qui tire des faits certaines vérités qui y étaient implicitement contenues.

tanément que « l'air se condense précisément selon la proportion des poids dont il est chargé » ; qu'à la condition que la température reste invariable dans l'opération, le volume d'une masse donnée est toujours d'autant moindre que la pression qu'il subit est plus considérable. La science, née de l'expérience et fondée sur elle, se développe ainsi progressivement ; elle continue d'approvisionner des recettes et des préceptes, en s'efforçant de remonter à l'origine commune des actions constatées ; elle reste simplement expérimentale, mais est déjà au-dessus du vulgaire empirisme, autant que la loi est au-dessus du fait isolé.

Les lois se corrigent peu à peu : il y a de multiples variétés d'air : l'air vital, inflammable, irrespirable, phlogistiqué et déphlogistiqué, etc. ; ce sont des gaz différents, auxquels la loi de Mariotte ne s'applique pas également bien.

Les lois se multiplient et toutes les branches de la science se développent tour à tour, la dioptrique et la catoptrique, le magnétisme comme l'électricité, à laquelle Boyle semble avoir donné son nom (1).

Cette ascension continue du fait isolé aux lois expérimentales (purement expérimentales), spéciales à chaque espèce de phénomènes, et aux applications pratiques que l'on pouvait en faire, s'était accompagnée d'un progrès non moins décisif pour l'avancement de la science. Les énoncés des lois, qui n'avaient d'abord été que qualitatifs, étaient devenus quantitatifs, ainsi que nous venons de le voir ; la question du *combien* s'était donc ajoutée à celle du *comment*. Ce fut un grand pas, et lord Kelvin l'a caractérisé plus tard par ces mots : « Si vous pouvez mesurer ce dont vous parlez et l'exprimer par un nombre, vous savez quelque chose de votre sujet ; mais si vous ne pouvez pas le

(1) Boyle, *De mechanica electricitatis productione* ; Genève, 1694.

mesurer, si vous ne pouvez pas l'exprimer par un nombre, vos connaissances sont d'une pauvre espèce et bien peu satisfaisantes » (1).

Voyons comment ce résultat si désirable avait été obtenu.

Les lois s'appliquent à des objets que l'expérience nous fait connaître et dont elle nous permet de spécifier les propriétés caractéristiques. Le physicien prend séparément, les uns après les autres, les divers objets sur lesquels portent les lois qu'il a formulées qualitativement ; il en crée des entités spéciales, sans s'occuper autrement de ce qu'ils sont; mais, à chacun d'eux, il fait correspondre une grandeur dont la notion représente à son esprit les propriétés les plus immédiates relevées par ses observations. Il lui a fallu procéder à une étude complète des phénomènes pour établir ces notions et les discerner nettement les unes des autres, sans confusion, ni répétition ; il a eu besoin d'une méthode sûre et éclairée pour les définir. Ces concepts algébriques ou géométriques (grandeurs scalaires ou vectorielles) (2) se prêtent à des comparaisons, puis à des mesures ; ils sont par conséquent exprimables par des nombres, en fonction d'unités choisies d'abord arbitrairement, au gré des tendances et de la fantaisie de chacun, et qui ne seront unifiées en un système rationnel et cohérent que beaucoup plus tard. Mais dès que la grandeur a été mesurée, elle peut être représentée numériquement et entrer dans

(1) J'emprunte cette citation à *La Physique moderne*, de M. Lucien Poincaré (Paris, Flammarion, 1909), p. 22.

(2) Les premières ne sont que des grandeurs numériques, les secondes des grandeurs dirigées dans l'espace, ayant à la fois une valeur numérique et une orientation. Les densités, les températures, les chaleurs spécifiques, les capacités électriques, le potentiel, l'énergie, appartiennent à la catégorie scalaire ; à l'autre, les vitesses et les accélérations, les forces, les intensités des courants, etc. Celles-ci s'additionnent géométriquement : les premières définies par un paramètre, que l'on suppose continûment variable, s'ajoutent algébriquement les unes aux autres.

les formules qui expriment les lois quantitatives ; le savant écrit dès lors, sous la forme analytique, les rapports découverts entre les faits, et il fait appel aux mathématiques, qui ne surajoutent aucune connaissance à ce que l'expérience a appris, mais sont un merveilleux instrument de travail, parce qu'elles allègent le langage en l'abrégeant et soulagent l'esprit en lui apportant un puissant concours.

Jusqu'ici la science avait donc moissonné des faits, puis elle les avait groupés, pour énoncer des lois, et elle avait traduit ces lois en des formules précises ; il lui restait à achever son œuvre de synthèse et à la parfaire, en groupant les lois pour en constituer une *doctrine* et édifier des *théories ;* ce sera l'œuvre capitale du savoir arrivé au troisième stade de son développement. On va maintenant classer, coordonner et enchaîner des lois.

Elles avaient été rattachées provisoirement entre elles par un lien de fortune, noué sur le terrain même, à mesure que les gerbes avaient été formées : en portant celles-ci au gerbier, les praticiens avaient déjà jugé nécessaire d'opérer entre elles un certain rangement, qui permettrait de les retrouver aisément au moment où l'on voudrait en disposer. Mais l'intelligence voit au delà des commodités de l'emploi ; plus elle sait, plus elle éprouve le besoin de savoir davantage ; plus elle étend ses limites, plus elle sent le besoin de lumière ; plus elle amoncelle de données, plus elle a soif d'ordre. « Ordonner, voilà bien, en effet, le mot qui résume toute investigation digne du nom de science » (1) ! Mais, pour ordonner, il faut connaître. On ne connaîtra que si l'on comprend. A la question du *comment* et du *combien* se superpose donc la ques-

(1) A. de Lapparent, *Science et Apologétique* (Paris, Bloud, 1908), p. 94

tion du *pourquoi*. Pourquoi la chaleur dilate-t-elle les corps et fait-elle passer les corps de l'état solide à l'état liquide, de l'état liquide à l'état de vapeur ? Pourquoi le fer est-il attiré par l'aimant et pourquoi celui-ci n'attire-t-il pas le cuivre ? Pourquoi le prisme ou le réseau dispersent-ils la lumière ?

Pour résoudre ces problèmes, l'expérimentateur se doublera d'un penseur, le physicien, d'un philosophe : ce dernier recevra du premier les documents et il les interprétera. Pour cela, il aura recours à un nouveau procédé d'investigation, à un procédé qui lui est propre. Pour grouper les lois et les solidariser d'une façon systématique, pour découvrir entre elles quelque chose de commun, il est amené à imaginer des relations entre les choses régies par les lois ; il fait alors des suppositions sur leur nature intime ou leur manière d'être, il forge des *hypothèses* (1).

Celles-ci sont de diverses espèces.

A une époque qui n'est pas encore loin de nous, l'hypothèse s'appliquait généralement à un agent, à un *substratum* auquel on prêtait l'existence et les propriétés qu'il fallait pour qu'on se rendît compte des phénomènes observés. Les effets de la chaleur ont ainsi été attribués longtemps à une substance *sui generis*, le feu, la matière ignée, le phlogistique, le calorique, qui s'infiltrait dans les corps, s'y condensait ou s'y raréfiait à la façon d'un gaz subtil ; substance matérielle, mais ne se marquant pas à la balance, donc impondérable ; émise par les corps chauds, traversant les diathermanes, sans y rien laisser, arrêtée en partie plus ou moins grande par les athermanes doués d'un pouvoir absorbant ; cheminant de proche en proche dans les conducteurs, y opérant des effets variés en

(1) Il n'est pas inutile de rappeler que le mot « hypothèse » vient du verbe ὑποτίθημι, qui implique une supposition, « supposition » étant dérivé du verbe *supponere*, placer à la base.

persistant toujours, car on le disait indestructible. La même tendance à matérialiser les agents physiques a fait admettre que la lumière est due aussi à un transport de particules ; pour expliquer les diversités de couleur des corps rayonnants, Newton a dû supposer des particules rouges, orangées, jaunes, etc. ; en faisant intervenir ensuite une attraction différente de chaque corps réfringent pour chacune d'elles, il a fourni une explication des phénomènes de réfraction et de dispersion, et la loi de la décomposition de la lumière par les lames minces a elle-même trouvé place dans ce cadre. Les phénomènes d'électrisation et les actions attractives ou répulsives qui les accompagnent ont de même donné naissance au concept d'une matière dite électrique, entité unique ou double, suivant que l'on fasse état d'un seul fluide, « en plus ou en moins », comme disait Franklin, ou de deux fluides, le résineux et le vitré, ainsi que les nommaient Dufay et l'abbé Nollet, en attendant qu'on les affectât des signes + et −, pour mettre en vedette leur neutralisation par addition algébrique. Le magnétisme a eu de même ses deux fluides, austral et boréal, Nord et Sud.

Le plus ordinairement, les hypothèses consistent en conjectures relatives à la constitution des corps et à leurs manières d'être. Telles sont les hypothèses atomistiques. La continuité que nos sens croient reconnaître dans un fragment de platine ou de silex n'est qu'apparente ; ce solide est discontinu et formé de particules d'une ténuité extrême, de masse déterminée, en nombre fini, mais immense ; elles sont insécables (leur nom prétendait l'indiquer), parce que ces éléments sont dénués de dimensions, croyait le P. Boscovich, parce que chacun d'eux est un être unique, un *minimum quid,* ne pouvant être divisé, au dire de Dalton, sans cesser d'être ce qu'il est. D'après des vues plus récentes et que l'on a des raisons de croire plus justifiées,

l'atome pourrait au contraire se dissocier en donnant des électrons, de masse beaucoup plus petite, toujours identiques, quel que soit le corps d'où ils proviennent, animés d'un mouvement périodique, et un ion central, qui ne serait lui-même pas simple, dont la composition et la construction caractériseraient la nature de la matière. Telle encore l'hypothèse de l'éther, élément fondamental de l'Univers, moins complexe peut-être dans sa réalité qu'on ne l'a cru, auquel on prête des propriétés conformes aux rôles qu'on lui attribue dans les phénomènes ondulatoires et rythmés de la chaleur, de la lumière et de l'électromagnétisme, et que l'on a même doté d'une activité particulière pour en faire l'agent efficace de la gravitation. Telle enfin l'hypothèse de l'élasticité, imaginée par Maxwell, pour que le diélectrique transmette ses courants de déplacement, base de sa théorie nouvelle de la lumière.

Ces genres d'hypothèses se rapportent aux causes spéciales de phénomènes déterminés, considérés isolément : il en est d'autres qui s'appliquent aux relations existant entre diverses classes de phénomènes, dans lesquelles on a découvert ou cru découvrir une similitude évocatrice d'une certaine parenté. Le progrès et le développement des études expérimentales ont en effet conduit à généraliser un grand nombre d'aperçus, en se laissant guider par le sentiment d'une unité de plan dans la nature. Le mécanicisme cartésien, en réduisant toutes les propriétés des corps à des combinaisons de figure et de mouvement, le dynamisme newtonien en y introduisant l'idée de force, l'atomisme en y ajoutant celle de masse, ont réussi à condenser un ensemble considérable de faits, d'en édifier une vaste synthèse et de prévoir nombre de phénomènes. C'est l'étude des trois lois de Képler qui a conduit Newton à les faire dériver d'une attraction mutuelle, qu'il a *supposée*

exercée par deux corps l'un sur l'autre, proportionnellement au produit de leurs masses respectives m et m' et en raison inverse du carré de leur distance r. Cette attraction hypothétique a été le point de départ des profonds calculs de la mécanique céleste, puis de la physique moléculaire, de la théorie de la capillarité, du potentiel newtonien, enfin du potentiel électrostatique, après que Coulomb eut formulé sa loi des attractions et des répulsions des quantités d'électricité. Laplace et Ampère ont édifié l'électromagnétisme et l'électrodynamique sur des formules élémentaires analogues à celles de Newton et de Coulomb, et l'on a identifié le champ magnétique produit par un courant fermé avec celui qu'engendre un feuillet magnétique de même contour (1) ; l'hypothèse des courants particulaires d'Ampère a enfin relié étroitement l'électricité et le magnétisme, et cette vue de l'esprit a trouvé son admirable couronnement dans l'aimantation par les courants et la création de l'électromagnétisme.

Souvent l'hypothèse s'inspire d'analogies établies entre des phénomènes étudiés dans tous leurs détails et d'autres que l'expérience ne nous permet pas de connaître directement, parce que leurs conséquences seules se trouvent dans le domaine accessible à nos sens. Ainsi en est-il de l'hypothèse de Bernoulli sur laquelle est fondée la théorie cinétique des gaz : une masse gazeuse est formée de molécules qui s'entre-choquent et heurtent les parois de l'enceinte qui les renferme ; on leur applique les lois du mouvement et du choc de mobiles élastiques. Van t'Hoff assimile un solide dissous dans un solvant liquide à un gaz, et il écrit une rela-

(1) Le problème de la distribution du magnétisme est inaccessible à l'expérience ; mais on a imaginé une constitution lamellaire des aimants qui sert de base à la théorie : on suppose qu'un aimant est formé de plaques infiniment minces dont les faces parallèles portent des couches uniformes, l'une de magnétisme nord, l'autre de magnétisme sud. Ce sont ces plaques que l'on désigne par le nom de feuillets magnétiques

tion entre la pression osmotique, le volume et la température, fondement de la théorie des faits d'osmose, de diffusion et d'électrolyse. Arrhenius imagine une dissociation des sels électrolysables dans leurs dissolutions, pour rendre compte de la décomposition des ions, de leur conductibilité, de toutes les conditions d'équilibre des électrolytes et spécialement des phénomènes de neutralisation ; Nernst en déduit une explication ingénieuse du mécanisme de la production de la force électromotrice dans les piles.

Il est des savants qui ne se contentent pas de construire des hypothèses ; ils vont plus loin et se fabriquent des *modèles* des choses.

Chaque esprit a en effet sa tournure à lui et des besoins qui lui sont propres. En particulier, le savant anglais, dont les facultés imaginatives se complaisent dans le concret, a peu de goût pour les notions purement abstraites et il se sert de représentations matérielles pour donner de la vie à ses théories et se les figurer de la manière qui lui convient. C'est à lui que nous devons ce que nous venons d'appeler un modèle.

Les modèles sont empruntés à la pratique des ateliers et des usines ; ils font appel à leur technique. Le maître invente des mécaniques formées par l'agencement et la combinaison de plans et de cylindres, de cordes et de poulies, de roues dentées, de pignons et de crémaillères, de poids et de contrepoids, qu'il fait manœuvrer de manière à lui retracer le phénomène et à le lui faire comprendre. On a relevé et l'on cite souvent l'aveu de Lord Kelvin : « Je ne suis jamais satisfait tant que je ne peux pas construire un modèle mécanique d'un objet ; si je réussis à le faire, je comprends ; je ne comprends pas, tant que je ne me suis pas construit ce modèle » (1). Nous autres, formés à l'école de Laplace,

(1) W. Thomson, *Lectures sur la dynamique moléculaire.*

d'Ampère, de Fresnel, de Gauss, de Poisson, nous acquérons sans doute avec moins d'efforts la notion féconde du champ, de ses lignes, tubes et flux de force ; les disciples des Faraday, des Kelvin, des Maxwell, des Lodge, sentent plus que nous le besoin de matérialiser les actions exercées entre deux conducteurs électrisés, ou entre deux aimants, en imaginant entre eux des paquets de fils élastiques, implantés normalement aux surfaces ; en se raccourcissant, ceux-ci opèrent une tension, mais ils se gonflent, augmentent de section et développent entre eux une pression latérale. Attractions et répulsions se représentent de la sorte : le modèle est grossier ; mais c'est l'illustration d'une idée suivie, et celle-ci ressort mieux. En électrocinétique on emprunte, avec le même succès, l'image fournie par le transport de l'énergie mécanique au moyen de l'eau : l'hydraulique a ses lois qui expliquent le courant et son débit, ainsi que les résistances, et elle éclaire la notion de quantité, de tension, de capacité, d'énergie potentielle, etc. Nous nous servons tous de l'analogie que présentent ces phénomènes avec ceux de l'électricité, pour le plus grand profit du discours et pour une plus grande facilité des calculs ; le modèle est classique.

Le modèle est autre chose que l'hypothèse, celle-ci est d'un ordre plus élevé ; elle a une prétention de réalité et de vérité que ne possèdent pas les machines anglaises ; c'est le résultat d'une comparaison réfléchie, d'une généralisation rationnelle, en même temps que d'une imagination créatrice qui inspire confiance. Les figures prêtent à l'illusion d'être un décalque exact de l'objet naturel et l'on comprend que d'aucuns aient pu croire qu'elles nous font connaître le Monde.

Toutefois il en est d'autres qui sont restés sceptiques.

Nos modernisants-pragmatistes sont des gens avertis, qui ne se nourrissent plus d'illusions, et qui ne se laissent point prendre à l'appât d'idées brillantes, mais

fallacieuses : c'était vieux jeu de croire qu'on met la vérité à nu aussi aisément qu'on dévêtit un homme. Écoutons-les dogmatiser au nom d'une critique infaillible.

Soit que les hypothèses s'appliquent à des éléments que l'on suppose être l'origine des phénomènes, soit qu'elles se rapportent aux lois de dépendance réciproque de ces phénomènes, qu'elles soient relatives à des causes ou à des effets, il n'est plus admissible de croire à leur réalité et de leur attribuer quelque objectivité.

Les réalités de la nature sont trop complexes pour se résoudre en de pareils assemblages de figures et de mouvements. C'est pur anthropomorphisme que de se figurer l'œuvre du Créateur d'après le modèle des œuvres de notre esprit, et de la voir comme elle serait, si nous l'eussions faite. Les théories sont impuissantes à nous donner la dernière raison des faits que l'expérience constate et contrôle superficiellement. D'ailleurs, aussitôt que la science, quittant le terrain solide de l'observation, se mêle d'interpréter les résultats, elle tombe dans des contradictions et des incohérences injustifiables. Dans ses plus admirables conceptions, Fresnel admet tantôt que la résistance de l'éther à la compression est nulle, tantôt qu'elle est infinie ; c'est l'un ou l'autre : lequel ? Les modèles de Maxwell ne se correspondent pas toujours dans un même mémoire. N'est-ce pas une folie que de prétendre dès lors savoir comment les choses se passent derrière le rideau qui nous cache les changements survenus dans l'intime de la matière et de l'éther ? Nos sens et nos instruments ne nous rendent témoins que des effets sensibles, tangibles et palpables. Ne nous leurrons donc pas, de grâce, sur la portée et la profondeur de nos découvertes !

Après que Vaucanson eut mis la dernière main à son merveilleux canard, qu'il l'eut vu battre des ailes,

manger du grain, le digérer et marquer sa satisfaction en donnant du gosier, il eut le bon esprit de ne pas se vanter d'avoir infusé un souffle de vie à son automate. Les physiciens qui ont édifié des constructions symboliques, représentatives des agents de la nature, ne devraient pas être moins sages et moins réservés, et l'on voudrait qu'ils ne se donnassent pas le ridicule de faire attrouper les gens autour de leur œuvre en leur criant de venir tous voir comment est fabriqué l'Univers.

Il nous sied d'être plus modestes et de ne pas oublier ce que nous déclarait un des semeurs d'idées, qui aurait eu le plus de droit à s'illusionner, Claude Bernard : « Quand nous faisons une théorie générale, dans nos sciences, la seule chose dont nous soyons certains, c'est que toutes ces théories sont fausses, absolument parlant » (1).

La connaissance absolue nous échappe. Il n'y a pas identité nécessaire entre le réel et l'intelligible. Que pèsent les théories en tant que savoir ? Quelle est la valeur de savoir de la science ? Henri Poincaré nous l'a dit dans un admirable opuscule dont chaque page est un sujet de méditation (2).

Les savants n'ont point reçu pour mission d'expliquer la Nature et de découvrir le secret du Monde. Kirchhoff donnait comme règle de direction aux élèves de son laboratoire de s'occuper uniquement de la découverte, de la description et de l'étude des faits, en renonçant à toute « prétendue explication de la Nature » (3).

La science ne peut connaître que ce qui se trouve immédiatement à la portée de ses moyens d'investiga-

(1) Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Paris.

(2) Henri Poincaré, *La valeur de la science* (Paris, Flammarion).

(3) Kirchhoff, *Vorlesungen über Mathematische Physik* ; Mechanic, p. 1.

tion ; elle ne conquiert que des faits ; elle constate que les choses sont telles, sans voir pourquoi elles sont ainsi et ne sont pas autrement. L'expérience, « source unique de la vérité », s'arrête aux causes prochaines, elle est impuissante à remonter plus haut ; on passe bien d'abord d'une cause à l'autre, mais on arrive bientôt à ce que Bacon appelait « une cause sourde »(1). C'est pourquoi Auguste Comte prescrivait de ne plus s'occuper des causes premières. Nos modernisants ont retenu son précepte et ils renoncent par principe à faire parler « les causes sourdes ».

Que les expérimentateurs collectionnent pour les théoriciens des faits et des lois ; voilà la matière sur laquelle ils travailleront. Ils les résumeront en un petit nombre de propositions, qui permettent à l'esprit de les voir d'ensemble, et ils les condenseront en quelques symboles faciles à retenir. C'est ce que Pierre Duhem nous a révélé avec sa netteté et sa franchise habituelles, dans une déclaration qui est certes dénuée de tout artifice : « La science théorique a pour but de soulager la mémoire et de l'aider à retenir plus aisément la multitude des lois expérimentales » (2). Le rôle des théories est tout utilitaire ; elles approvisionnent des recettes commodes, permettant d'agir avec succès sur le monde extérieur. Les plus belles théories physiques ne doivent plus être considérées que comme de simples instruments de classification ; ce sont des étagères. Leur valeur est méthodologique. Elles ne doivent tendre et ne peuvent servir à autre chose qu'à classer

(1) Claude Bernard, *La science expérimentale* (Paris, J. B. Baillière, 1878), p. 360.

(2) P. Duhem, *Réflexions au sujet des théories physiques ;* REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier, 1892, p. 140. — *Physique et Métaphysique*, même Revue, juillet 1893. — *Sur la théorie physique, son objet et sa structure* (Paris, Chevalier et Rivière, 1906). Duhem est encore revenu sur ces questions dans un article de la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 15 janvier 1908, intitulé *La valeur de la théorie physique*.

les documents, à nous les présenter dans l'ordre le plus avantageux, à les ranger judicieusement par séries, par catégories, comme dans un catalogue systématique : ce faisant, elles mémorisent la science du savant, de même que *(salva reverentia)* elles jalonnent les connaissances de l'élève en préparation d'examen et de concours ; ils les aident, l'un comme l'autre, à ne pas oublier, par une habile coordination des énoncés et des formules.

La valeur de la théorie est par conséquent une valeur de direction, qu'on doit apprécier dans la mesure où elle trace au chercheur une règle de conduite. Elle contribue au développement du savoir humain en lui évitant les faux-pas, les détours inutiles, les impasses sans issue. C'est beaucoup : mais ne lui demandez rien de plus, car elle ne saurait le donner. Pénétrez-vous de cette idée et faites-en votre profit ; elle vous gardera des trompeuses illusions que nous critiquons à bon droit dans l'histoire du passé.

Voilà la thèse qui cherche aujourd'hui à rallier les suffrages : je me suis efforcé de la présenter fidèlement et de donner à ses raisonnements la forme incisive et serrée, d'où ils tirent leur force et qui a le plus contribué à leur succès.

Nous avons dit que tout le monde ne refuse pas aux hypothèses et aux théories de la physique toute valeur objective.

Cette opinion compte encore des adhérents convaincus, voire même d'ardents apologistes, qui ne reculent pas devant la controverse, savent manier le syllogisme et trouvent le moyen de se faire écouter. Tous leurs arguments ne sont pas également décisifs, mais quelques-uns d'entre eux sont de nature à faire de l'impression sur les esprits libres de prévention et de tout parti pris.

Ils ont eu de l'écho et recueilli un assentiment raisonné de la part de penseurs restés jusque là étrangers à nos discussions scientifiques (1).

Un avocat des anciennes idées, et ce n'était certes pas un des moindres, après avoir pris connaissance de la déclaration de Duhem, que nous venons de rappeler, s'écriait dans un véhément article de réplique : « Tel est donc le but suprême du savant (de soulager sa mémoire et de l'aider à retenir plus aisément la multitude des lois expérimentales) : oui, vous, Galilée, vous, Newton, vous, Ampère, vous pensiez avoir soulevé un coin du voile qui nous cache les secrets de la nature : vous croyiez avoir entrevu quelques aspects de l'éternelle beauté ! Illusion : vous n'avez dépensé vos veilles et consumé votre génie qu'à élaborer un procédé mnémotechnique ! (2) »

Cette virulente apostrophe, par laquelle le savant ingénieur du corps des mines de France et le non moins distingué professeur protestait contre une formule dont il dénonçait l'étroitesse puritaine et la désolante aridité, constituait un moyen de polémique plutôt qu'un argument irréfutable, mais elle exprimait une pensée qui était venue à l'esprit de beaucoup d'autres. Il ne peut être question d'organiser un plébiscite des grands créateurs de théories et de jeter leur opinion dans la balance de la discussion, mais on a le droit néanmoins d'en appeler à leur témoignage. Or, Képler, le grand Képler, qu'on a nommé le législa-

(1) M. Abel Rey a pris pour sujet d'une thèse de doctorat ès-lettres, *La théorie de la Physique chez les physiciens contemporains* (Paris, Alcan, 1907) et il a exposé les idées dogmatistes avec talent ; le lecteur se reportera avec fruit à cette étude très documentée.

(2) Eugène Vicaire, *La valeur objective des hypothèses physiques ;* REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1893, p. 451. Vicaire, qui avait occupé des chaires à l'École des Mines, au Collège de France et à l'Université catholique de Paris, a rempli pendant de longues années la plus haute fonction du corps français des Mines.

teur du ciel, avait certes conscience d'avoir fait plus que de fournir un adjuvant à la mémoire de ses contemporains, lorsqu'il leur disait que « connaître la vérité, c'est repenser les pensées du Créateur », et qu'il célébrait en ces termes émus la découverte de sa troisième loi : « Apprenez, ô mortels, que j'ai ravi les vases d'or des Égyptiens ; parvenu dans la terre promise, je les offrirai à mon Dieu, pour s'en faire un glorieux tabernacle ». Et encore : « Grâces à Vous, Maître des choses créées, pour le bonheur que Vous m'avez accordé ; j'ai enfin achevé ma tâche en y consacrant toutes les puissances de mon âme. Dans les limites de ma faiblesse, je me suis efforcé de manifester Votre gloire... J'ai proclamé devant les hommes toute la grandeur de la création et j'ai cherché à m'élever jusqu'à la vérité » (1).

Notre siècle frondeur et blasé peut sourire de ce lyrisme exubérant, mais il est bien obligé de reconnaître que, derrière ces mots enflammés, se cache une conviction profonde, que nous devons respecter sous peine de faire du grand astronome du XVIIe siècle un illuminé, si ce n'est un halluciné.

Tous les maîtres de la science avaient alors foi dans les œuvres de leur génie ; ils n'admettaient pas que leurs sublimes conceptions ne répondissent qu'à des apparences ; ils étaient convaincus qu'elles atteignaient les véritables causes et la raison même des choses. « *Vere scire, scire per causas* » avait dit Bacon ; Vicaire s'en est référé à Galilée, Newton et Ampère ; mais il était en droit d'évoquer l'opinion de Descartes, Huygens, Leibniz, celle même de l'encyclopédiste Diderot, celles encore de Fresnel, Linné, Biot, Cauchy, Dumas, Kelvin, Cornu, de Lapparent, etc. Descartes avait proclamé qu'il possédait une certitude morale

(1) Képler, *Harmonices mundi,* introduction au 5e livre.

que toutes les choses de ce monde étaient telles qu'il les avait démontrées, et il ajoutait qu'il en avait une certitude « plus que morale » (1). Linné s'écriait : « Je vois Dieu » et il remerciait le Créateur de lui avoir permis « de jeter un coup d'œil dans sa chambre du conseil ».

Je ne multiplierai pas ces citations, mais voici un dernier trait, qui est significatif.

Sarrau se plaisait à raconter une anecdote qu'il tenait du P. Gratry, cet ancien polytechnicien devenu le pieux oratorien que l'on sait. Le religieux se promenait avec Cauchy dans les allées du jardin du Luxembourg et ils devisaient ensemble de la vie future et du bonheur qu'auront les élus à connaître enfin, sans restriction et sans voile, des vérités laborieusement poursuivies au cours de leur pèlerinage terrestre. Gratry dépeignait à son illustre interlocuteur la joie ineffable qu'il éprouverait à pénétrer le secret de la nature de la lumière, objet de ses recherches et de ses constantes méditations. Mais celui-ci de se récrier et de dire, avec animation, qu'il lui était impossible de rien apprendre de plus que ce qu'il savait actuellement (2), attendu que l'intelligence ne pouvait se représenter autrement le mécanisme de la lumière qu'il ne l'avait exposé (3). Le vertueux Cauchy n'était certes pas un orgueilleux : c'était un convaincu. Un convaincu par illusion, dira-t-on : la preuve en est qu'il se trompait. Mais Hertz ne se trompait et ne s'illusionnait pas, quand il proclamait, au Congrès de Heidelberg, en 1889, que « humainement parlant, la théo-

(1) Descartes, *Principes de la philosophie*.

(2) L'expérience de Foucault venait de mettre hors de toute discussion la théorie des ondes lumineuses, en 1850.

(3) Ce récit a été recueilli de la bouche de M. Sarrau par B. Brunhes, qui le rapporte dans sa *Dégradation de l'Énergie*, p. 261 (Paris, Flammarion, 1909).

rie des ondes est certaine » ; ni M. Langevin, demandant qu'on fasse passer les atomes au rang des principes et concluant que « l'existence des ions dans les gaz a cessé d'être une hypothèse » (1) ; ni M. Jean Perrin, affirmant que la réalité moléculaire possède « autant de certitude qu'en peuvent avoir les principes de la thermodynamique » (2) ; ni Madame Curie, prononçant ces mots significatifs : « Nous avons admis que les rayons corpusculaires des substances radio-actives résultent de la fragmentation d'atomes ; c'est là, non plus une hypothèse, mais un fait expérimentalement établi » (3). Voilà des déclarations formelles émanées de savants contemporains, dont il serait permis de faire état sans plus discuter. Mais on pourrait nous reprocher de donner à quelques paroles isolées du contexte la portée d'une protestation qui n'était peut-être point dans la pensée des maîtres auxquels nous les empruntons. Nous y reviendrons.

Ne retenons pour le moment que les professions de foi des savants du temps passé, que nous avons le droit de considérer comme l'expression de leur conviction intime.

En rapprochant leur témoignage vibrant d'enthousiasme et d'émotion, animé d'une conviction profonde, des froides et réalistes déclarations pragmatistes, on sent l'opposition et le conflit de deux mentalités. L'une portée à la confiance, ne se méfiant pas assez de l'illusion ; son antagoniste, défiante d'elle-même et de ses moyens d'action, mais sacrifiant à une critique sévère.

(1) Conférence faite à la Société Internationale des Électriciens, le 4 novembre 1905.

(2) Conférence faite en 1912, à la Société de Physique : *Les preuves de la réalité moléculaire* ; publiée dans les *Idées modernes sur la constitution de la matière* (Paris, Gauthier-Villars, 1913), p. 52.

(3) Même recueil ; conférence *Sur les rayonnements des corps radio-actifs*, p. 275.

quelquefois outrée, et ne se montrant catégorique que dans ses négations.

On serait disposé à dire que ce sont deux cultes de la science ; pas n'est besoin d'un grand effort d'imagination pour se représenter leurs chapelles.

Après avoir mis en présence les formules dans lesquelles s'incarnaient les deux idées et les dogmes qui en sont l'expression, il ne sera pas sans profit pour notre étude de nous rendre compte de la manière dont les deux églises se sont fondées. Nous ferons argumenter ensuite contradictoirement entre eux leurs fidèles.

(*A suivre*)

A. Witz,
Correspondant de l'Institut.

La " THIENDE „ de Simon Stevin

A PROPOS D'UN EXEMPLAIRE DE L'ÉDITION ORIGINALE
QUI A ÉCHAPPÉ A L'INCENDIE
DE LA BIBLIOTHÈQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN

I

La petite brochure, objet de ce travail, a échappé à l'incendie de la Bibliothèque de l'Université de Louvain par un pur hasard.

On fêtait, en 1914, le 300e anniversaire de la publication des tables de logarithmes de Neper. A cette occasion, le regretté P. Thirion m'avait prié de résumer en quelques pages l'œuvre de Neper et d'en faire un article pour la Revue, ce que j'avais accepté. Pour donner suite à ce projet, je m'étais rendu à Louvain, le 31 juillet 1914, et la Bibliothèque de l'Université m'avait prêté avec sa libéralité traditionnelle tout ce qu'elle possédait de Neper. Or, la *Thiende* de Stevin était reliée à la suite d'un des ouvrages du baron écossais. C'est à cette circonstance fortuite qu'elle doit d'avoir été sauvée.

La *Thiende,* la *Disme,* comme traduit Stevin, est une plaquette in-8° de 36 pages, qui parut, en 1585, dans la succursale que le grand imprimeur Christophe Plantin possédait à Leyde. Malgré sa chétive apparence, c'est ce « livret » — je le baptise de ce diminutif après

Stevin — c'est ce livret, dis-je, qui valut à son auteur le nom d'inventeur des fractions décimales.

Je n'aime pas beaucoup ce nom d'inventeur dans l'histoire des mathématiques. Il est malencontreux, prête aux équivoques et par suite aux disputes. On devrait le proscrire. Les discussions qu'il soulève ont trop souvent pour effet d'amoindrir des savants de premier ordre, pour mettre sur le pavois des individualités secondaires, parfois même des hommes sans vrai mérite.

Je m'explique.

Plus on étudie l'histoire des mathématiques, plus on se convainc que la science ne progresse guère par grands bonds successifs. Elle ne court pas, elle marche; avance tout doucement, pas à pas, d'abord par essais timides et isolés ; puis vient un homme de génie, qui aperçoit tout ce qu'il y a de fécond dans les idées de ses prédécesseurs, s'en empare et le met en pleine valeur.

C'est ce rôle que joua Viète, dans l'histoire de l'algèbre, et Descartes dans maint domaine de l'histoire des mathématiques. Cette vérité, j'ai eu l'occasion de la développer à diverses reprises (1) et je ne la rappellerais pas, si elle ne s'appliquait de nouveau à Stevin dans l'histoire des fractions décimales, et même dans celle du système décimal.

Un Hollandais, M. Gravelaar (2), et un Américain, M. David Eugène Smith (3), se sont donné beaucoup

(1) Principalement dans mon mémoire *La première édition de la « Clavis Mathematica » d'Oughtred. Son influence sur la « Géométrie » de Descartes;* publié dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, t. XXXV. Louvain, 1911, 2e partie, pp 24-78. Voir aussi mon *Bulletin d'Histoire des Mathématiques* d'octobre 1914, à propos des travaux de M. Zeuthen sur les connaissances géométriques des Grecs. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, t. LXXVI, pp. 597-602.

(2) *De notatie der decimale breuken,* publié dans NIEUW ARCHIEF VOOR WISKUNDE, 2e série, t. IV. Amsterdam, 1899. Je n'ai sous les yeux que le tiré à part.

(3) *The invention of the decimal fraction,* publié dans TEACHERS COLLEGE BULLETIN, 1e série, n° 5 New-York, 1910-1911.

Ce travail, moins complet que celui de M. Gravelaar, est utile à consulter à cause des fac-similés d'auteurs anciens qu'on y trouve.

de peine pour montrer qu'il existe des exemples de fractions décimales antérieurs à ceux de Stevin.

La chose est indéniable.

Mais, dans la *Thiende,* Stevin a deux inspirations de génie qui sont incontestablement de lui.

La première, c'est qu'on peut employer *systématiquement* les fractions décimales, à l'exclusion des fractions ordinaires, dans toutes les opérations de l'arithmétique. La *Thiende* est le plus ancien manuel dans lequel nous rencontrons un exposé complet, régulier et rigoureux de l'addition, de la soustraction, de la multiplication et de la division des fractions décimales. On y trouve même, mais beaucoup plus en abrégé, l'extraction des racines de ces fractions.

Voilà ce qui a fait le vrai et le long succès de cette petite brochure.

Malheureusement, comme presque tous les livres classiques, qui périssent avec une déplorable rapidité entre les mains des écoliers, au point de devenir vite des raretés bibliographiques, les exemplaires de l'édition originale de la *Thiende* sont aujourd'hui fort rares. Les plus riches bibliothèques, tel le British Museum, ne l'ont pas. On n'en connaît plus, je crois, que deux exemplaires, celui de l'Université de Louvain et celui du Musée Plantin à Anvers. S'il en existait d'autres, il serait utile de les signaler.

Dans la *Thiende* — et c'est une seconde inspiration de génie du mathématicien brugeois — Stevin défend une autre idée, qui eut alors moins de retentissement que celle de l'emploi exclusif des fractions décimales, mais qui était bien plus imprévue, bien plus originale pour l'époque : c'est que le système des monnaies, des poids et des mesures devrait être tout entier décimalisé [1].

[1] Avant moi déjà M. Pasquier, dans son mémoire *De la décimalisation du temps et de la circonférence* (ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE

Il me paraît intéressant de donner quelques extraits de la *Thiende* à l'appui de ces assertions. Nous avons cette bonne fortune d'avoir une version française de l'opuscule de Stevin, la *Disme*, due à la plume de l'auteur lui-même. La *Disme* est une annexe de son *Arithmétique*, qui parut à Leyde, chez Plantin, en 1585, en même temps que la *Thiende*.

Le traducteur nous apprend que la *Disme* a été « premièrement descripte en Flameng » et puis « convertie en François par Simon Stevin de Bruges ». C'est là un renseignement de pure curiosité. Au fond, la question de priorité importe assez peu, puisque les deux textes parurent simultanément.

Je donne ci-contre en photogravure (fig. 1) le facsimilé du titre de la *Thiende*, et je rejette le titre de l'*Arithmétique* dans une note du bas de la page où je le transcris tout au long. J'y joins divers renseignements bibliographiques de nature à intéresser probablement les amateurs d'éditions rares [1].

BRUXELLES, t. XXIV, Louvain, 1900 ; 2e partie, p. 67), a signalé cette thèse de Stevin à l'attention de la 1re section de la Société scientifique.

Voir aussi *Mémoire sur la vie et les travaux de Simon Stevin*, par Steichen, Bruxelles, Van Dale, 1846, pp. 55-59.

[1] La première édition de l'*Arithmétique* est en deux volumes qui ont des titres différents :

L'Arithmetiqve de Simon Stevin de Brvges : Contenant les computations des nombres Arithmetiques ou vulgaires : Aussi l'Algebre, auec les equations de cinc quantitez. Ensemble les quatre premiers liures d'Algebre de Diophante d'Alexandrie, maintenant premierement traduicts en François. Encore vn liure particulier de la Pratique d'Arithmetique, contenant entre autres, Les Tables d'Interest, La Disme ; Et vn traicté des Incommensurables grandeurs : Auec l'Explication du Dixiesme Liure d'Euclide. A Leyde, De l'Imprimerie de Christophle Plantin M.D.LXXXV. In-8°.

La Pratiqve D'Arithmetiqve De Simon Stevin De Bruges. A Leyde, En l'Imprimerie de Christophle Plantin. M.D.LXXXV. La *Disme* s'y trouve pp 132-160.

Je me sers de l'exemplaire de l'Observatoire Royal d'Uccle. J'en connais d'autres à la Bibliothèque Royale de Belgique, à l'Université de Liége, à la Bibliothèque de la Ville de Bruges et au Musée Plantin à Anvers.

L'exemplaire de l'Université de Louvain a péri dans l'incendie. Cette perte est irréparable, car seul il contenait l'addition que Stevin avait ajoutée, en 1594, à son *Arithmétique*, je veux dire : l'*Appendice Algebraiqve De Simon Stevin de Brvges, contenant regle generale de toutes Equations. 1594.* Sans

Dans mes citations, tant flamandes que françaises, je conserve l'orthographe de Stevin. Les citations françaises de la *Disme* sont faites d'après l'annexe à l'édition de son *Arithmétique* de Leyde. Plantin, 1585,

DE

THIENDE

Leerende door onghehoorde lichticheyt allen rekeningen onder den Menſchen noodich vallende, afveerdighen door heele ghetalen ſonder ghebrokenen.

Beſchreven door SIMON STEVIN *van Brugghe.*

TOT LEYDEN,
By Chriſtoffel Plantijn.
M. D. LXXXV.

FIG. 1.

dont je viens de parler. Pour faciliter la lecture des extraits, la transcription des lettres i et j, u et v, a été rendue conforme à l'orthographe moderne, les auteurs

nom d'imprimeur au titre. L'*Appendice* sortait des presses de François van Raphelengen de Leyde, gendre de Christophe Plantin. L'*Appendice* est le plus rare des ouvrages de Stevin et l'un des plus importants. La « règle générale de toutes équations », dont il est question au titre, est ce principe fondamental de la résolution des équations numériques : Si deux valeurs substituées à

du XVIe siècle regardant les deux lettres de chacun de ces groupes comme une lettre unique. Enfin, je n'ai tenu aucun compte de la ponctuation. Elle s'écarte trop de la nôtre. La conserver eût été rendre, sans utilité, les textes désagréables à lire et plus difficiles à comprendre.

l'inconnue donnent des résultats de signes contraires, elles comprennent au moins une racine de la proposée. L'exemplaire de Louvain était un document hors de pair, qui prouvait que Stevin avait fait connaître cette règle dès 1594.

Cet exemplaire, autre particularité intéressante, avait appartenu à Adrien Romain et était richement relié à ses armes. Le professeur de Louvain fit l'éloge de l'*Arithmetique* de Stevin, et notamment de l'*Appendice Algebraique*, dans le précis d'histoire des mathématiques qu'il mit en tête de l'*In Mahumedis Algebram*. Ce rarissime volume a, lui aussi, été détruit par le feu dans l'incendie de la Bibliothèque.

L'*Arithmetique* de Stevin a eu deux rééditions :

L'Arithmetiqve De Simon Stevin de Brvges, Reueuē, corrigee & augmentee de plusieurs traictez et annotation (sic) par Albert Girard Samielois Mathematicien. A Leide, de l'Imprimerie des Elzeviers. M.DC.XXV. In-8°. (Bibl. Royale de Belgique, Univ. de Gand, Bibl. de la Ville d'Anvers.) La *Disme* s'y trouve pp. 823-849.

J'ai consacré, dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES (t. XXXV, Louvain, 1910-1911, 2e partie, pp. 293-304), une note spéciale aux corrections et augmentations apportées par Albert Girard à l'*Arithmetique* de Stevin. En ce qui concerne en particulier la *Disme*, il n'y en a à proprement parler aucune. Toutes les modifications consistent en quelques très légers changements dans l'orthographe. Le plus notable est un emploi fréquent de l'*y* à la fin des mots, ce qui éloigne plus l'orthographe de Girard de la nôtre que celle de Stevin.

L'*Arithmetique* a été rééditée une seconde fois dans *Les Œuvres Mathematiques De Simon Stevin de Bruges... Le tout reveu, corrigé et augmenté par Albert Girard Samielois, Mathematicien*. A Leyde, chez Bonaventure et Abraham Elzevier, Imprimeurs ordinaires de l'Université, Anno MDCXXXIV. In-f°. La *Disme* s'y trouve, t. I, pp. 206-213. Cette édition n'est pas rare. L'*Arithmetique* y est en tout conforme à la précédente édition d'Albert Girard (Leyde, 1625). Le lecteur y retrouvera aisément les textes que nous citons d'après l'édition plantinienne de 1585.

J'appelle en outre son attention sur un curieux passage du tome II (pp. 108 et 109) ayant son importance dans le sujet qui nous occupe et où Stevin loue Regiomontanus (Jean de Muller) d'avoir adopté la division décimale du rayon de la circonférence.

Enfin, la *Thiende* a été rééditée dans la traduction flamande de la *Rhabdologie* de Neper, par Adrien Vlacq, traduction qui parut, en 1626, à Gouda, chez Pierre Rammaseyn. Cette édition est rare et n'existe pas, à ma connaissance, dans les bibliothèques belges. Je ne l'ai pas vue.

II

Stevin débute par une préface guindée, ampoulée, grandiloquente, prêtant un peu au sourire : A tous les « astrologues, arpenteurs, mesureurs de tapisserie, gavieurs, stereometriens en general, maistres de monnoie et à tous marchans, Simon Stevin salut ! » Excusons notre Brugeois : c'est le style du temps dans les « Avis au Lecteur ».

Après une entrée en matière si solennelle, Stevin va au devant d'une objection. En voyant « la petitesse de ce livret », et en la comparant « à la grandeur de vous, Mes tres honnorez Seigneurs, » quelqu'un pourrait croire qu'il n'y a nulle « proportion » entre le livret et leurs Altesses.

Cela n'est pas.

Car, que veut-il ? « D'aventure quelque invention admirable ? Non certes ; mais, chose si simple qu'elle ne merite quasi le nom d'invention. Car, comme l'homme rustique et lourd trouve bien d'aventure quelque grand tresor sans y avoir usé de science, tout ainsi le semblable est-il advenu en cest affaire. »

Cette précaution oratoire paraît encore insuffisante à Stevin.

« Pourtant, ajoute-t-il, si quelcun me voulust estimer pour vanteur de mon entendement, à cause de l'explication de ces utilitez (de la *Disme*), sans doubte il demonstre, ou qu'il n'y a en lui ny jugement ny intelligence de sçavoir discerner les choses simples des ingenieuses, ou qu'il soit envieux de la prosperité commune. Mais, quoi qu'il en soit, il ne faut pas omettre l'utilité de ceslui-ci, pour l'inutile calomnie de ceslui la. »

Rassuré par ces explications, l'auteur énumère les avantages que présente l'emploi des méthodes pré-

conisées dans la *Disme* et termine la préface par cette déclaration :

« Quant à ce que quelcun me pourroit dire, que plusieurs inventions semblent bonnes au premier regard, mais quand on s'en veut servir l'on n'en peut rien effectuer ; et comme il avient souvent aux chercheurs de forts mouvemens (met de vonden der roersouckers, aux trouvailles des chercheurs de bouleversements,) qui semblent bons en petites preuves mais aux grandes ou à l'effect, ils ne vallent pas un festu ; nous lui respondons, qu'il n'y a ici telle doubte ; parce que l'experience s'en faict journellement en la chose mesme ; à sçavoir, par divers experts Arpenteurs Hollandois ausquels nous l'avons declaré ; lesquels (laissans ce qu'ilz avoient inventé, chascun à sa maniere, pour amoindrir le travail de leurs computations) l'usent à leur grand contentement, et par tel fruict, comme la Nature tesmoigne s'en devoir necessairement suivre [1]. Le mesme aviendra à un chascun de vous autres, Mes tres honnorez Seigneurs, qui feront comme eux ! Vivez, cependant, en toute felicité ! »

Ici, le style de Stevin change, et redevient simple, transparent, lumineux, surtout en flamand, langue que l'auteur manie plus aisément que le français. Quand il emploie sa langue maternelle, c'est en dialecte brugeois, en purs vocables à racines flamandes, sans la moindre expression sentant l'étranger ; mais néanmoins, sans longs mots alambiqués, sans périodes contournées, sans tomber comme tant d'autres dans la préciosité et le purisme maniéré : bref, en ne visant qu'à un but, la clarté. La *Thiende* flamande reste, par le style même, un modèle d'arithmétique populaire. La *Disme*, on le verra, a beaucoup de ces qualités, à

[1] Als de Nature wijst daer uyt nootsaeckelicken te moeten volghen, car la nature des choses démontre que ce résultat s'en doit suivre.

l'exception, du moins par moments, de l'inimitable lucidité de la phrase, qu'on admire dans le texte original.

La *Thiende* et la *Disme* se divisent en deux parties, suivies d'un Appendice en six Articles. La première partie est intitulée : « Des Definitions » ; la seconde : « De l'Operation. »

Les Définitions sont au nombre de quatre, toutes indispensables pour l'intelligence des extraits que nous ferons plus loin.

« *Definition I. Disme* est une espece d'arithmetique, inventée par la Disiesme *(sic)* progression, consistente es characteres des ciffres par lesquels se descript quelque nombre, et par laquelle l'on depesche par nombres entiers, sans rompuz, tous comptes se rencontrans aux affaires des hommes. »

Cette définition mérite un mot d'éclaircissement. Les *rompuz* sont les fractions ; *les characteres des ciffres par lesquels se descript quelque nombre,* sont les caractères ou chiffres employés pour écrire un nombre entier quelconque ; *la disiesme progression* est la progression géométrique de raison 1/10, tout comme la *soixantiesme progression* que nous rencontrerons tantôt est la progression géométrique de raison 1/60.

D'après cela, la *Disme* se définit : Une espèce d'arithmétique, dans laquelle « tous les comptes se rencontrans aux affaires des hommes » peuvent s'effectuer, sans fractions, au moyen des caractères et des opérations employés pour les nombres entiers, mais en tenant compte des propriétés de la progression géométrique de raison 1/10.

« *Definition II.* Tout nombre proposé se dict *Commencement,* son signe est tel (0). »

Ici je suis arrêté par un embarras typographique.

Le *signe* est l'exposant. Stevin le représente comme nous par un chiffre. Mais, au lieu d'écrire ce chiffre en haut et à droite du nombre qu'il affecte, Stevin le met au centre d'un petit cercle, comme le montrent les figures 2 et 3. Faute de mieux, je remplace ce cercle par des parenthèses, et je substitue à la notation de Stevin celle-ci, qui y ressemble tant bien que mal : (0), (1), (2), etc.

Au lieu de tout « nombre proposé », la *Thiende* dit : « Alle voorgestelde heel ghetal », tout nombre *entier* proposé se dit *Commencement*. J'engage le lecteur à ne pas oublier le sens de ce mot *Commencement* dont Stevin fait un perpétuel usage. Le signe du commencement, ou nombre entier, est (0). C'est l'équivalent de notre convention moderne $(1/10)^0 = 1$.

« *Definition III*. Et chasque dixiesme partie de l'unité de Commencement, nous la nommons *Prime ;* son signe est tel (1). Et chasque dixiesme partie de l'unité de prime, nous la nommons *Seconde ;* son signe est tel (2). Et ainsi des autres chasque dixiesme partie, de l'unité de son signe precedent, tousjours en l'ordre un d'avantage. »

En d'autres termes, Stevin nomme primes, secondes, tierces, en augmentant d'une unité, « tousjours en l'ordre un d'avantage, » (altijt in d'oirden een meer,) les dixièmes, centièmes, millièmes, etc.

« *Definition IV*. Les nombres de la precedente seconde et troisiesme definition se disent en general *Nombres de Disme*. » Nous les nommons aujourd'hui nombres décimaux.

Ces définitions, à l'exception de la dernière, sont accompagnées d'explications et d'exemples.

Tout cela est excellent, à part la notation qui est encombrante et manque par suite de régularité. Soit à écrire, par exemple, le nombre fractionnaire 32,57. Suivant les exigences typographiques, tantôt Stevin

écrira les exposants à la suite du chiffre qu'ils affectent,

32 (0) 5 (1) 7 (2);

tantôt il les superposera aux chiffres :

(0) (1) (2)
32 5 7;

tantôt il les placera au dessous :

32 5 7.
(0) (1) (2)

Les trois modes de notation se rencontrent dans la figure 2.

Mais les petits cercles de Stevin ont un autre défaut, plus sérieux quand on tient compte des notations adoptées par l'auteur dans sa théorie des équations. Ils prêtent à équivoque et eussent été inutilisables, si l'on avait cherché à les appliquer aux coefficients des polynomes. C'est que, chez Stevin, les mêmes petites circonférences encerclant un chiffre désignent, dans les polynomes, l'inconnue elle-même avec son exposant. Stevin eût dû réserver les petits cercles aux variables des polynomes et imaginer une autre notation pour les nombres décimaux. Voici pourquoi.

Au cours du XVIe siècle, Cardan, Stifel et la plupart des autres algébristes employaient, dans les équations et les polynomes, une notation compliquée. Pour chaque puissance de l'inconnue, ils usaient d'un signe particulier. Mais, en 1572 et 1579, Raphaël Bombelli avait vulgarisé un mode d'écriture beaucoup plus heureux [1].

[1] *L'Algebra* Opera di Rafael Bombelli da Bologna Diuisa in Tre Libri. Con la quale ciascuno da se potrà venire in perfetta cognitione della teorica dell' Arimetica... In Bologna, Per Giouanni Rossi. MDLXXIX. Con Licenza de' Superiori.

Cette édition que j'ai sous les yeux est la deuxième. La première est de

Comme nous le faisons aujourd'hui, il représentait l'inconnue elle-même, à toutes ses puissances, par un signe unique. C'était une parenthèse écrite horizontalement, la concavité tournée vers le haut. Le degré de la puissance s'indiquait par un exposant qui se mettait à l'intérieur de la concavité. L'ensemble avait l'aspect d'un petit vase, ou mieux d'un petit demi-cercle, contenant un numéro.

Stevin remplace le demi-cercle de Bombelli par un petit cercle entier, plus agréable à l'œil, plus lisible, que la parenthèse horizontale de l'Italien. Le polynome

$$3x^3 - 11x^2 + 5x - 8$$

par exemple, s'écrirait chez le Flamand :

$$3\,(3) - 11\,(2) + 5\,(1) - 8\,(0).$$

L'inconvénient, c'est, on le voit, que les petits cercles des polynomes ne diffèrent en rien de ceux des fractions décimales. Voilà pourquoi nous disons que Stevin eût dû trouver autre chose pour les fractions décimales, et réserver les petits cercles aux polynomes. Il eût appuyé ainsi de son autorité le progrès très notable vulgarisé par l'*Algebra* de Bombelli ; j'entends, l'emploi des exposants numériques des inconnues.

Remarquons-le de suite, pour ne plus y revenir, les petits cercles de Stevin n'eurent jamais grand succès, ni dans l'écriture des polynomes, ni dans celle des fractions décimales. Ils furent vite remplacés par

Venise, 1572. En réalité, ce sont deux tirages d'un même ouvrage, avec des titres différents. Voir, à ce propos : *Intorno ad una pretesa seconda edizione dell' Algebra di Rafael Bombelli*, par A. Favaro. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 2e série, T. 7, Stockholm, 1893, pp. 15-17.

Ce n'est pas ici la place de rappeler l'histoire des tâtonnements et des innombrables essais qui conduisirent à nos notations modernes pour représenter les inconnues. Le lecteur, que le sujet intéresserait, en trouverait, sinon l'histoire complète, du moins des éléments sérieux, dans un Appendice consacré à ce problème historique par Tropfke, à la fin du tome I de sa *Geschichte der Elementar-Mathematik*, Leipzig, Veit, 1902, pp. 310-332.

d'autres notations plus commodes. Mais, pour nous en tenir aux fractions décimales, la complication de l'algorithme — d'ailleurs aisée à corriger, l'événement le prouva — était un bien léger inconvénient en comparaison des autres avantages de la méthode. Ceux-ci sautaient aux yeux, car Stevin rédigea d'emblée la théorie des fractions décimales d'une manière irréprochable. Son exposition était claire et rigoureuse. Il eût pu la donner telle quelle, sauf le parler archaïque, en plein XXe siècle.

Sous le titre *De l'Operation*, la théorie des fractions décimales fait l'objet de la seconde partie de la *Disme*. Elle se compose de quatre propositions relatives respectivement à l'addition, à la soustraction, à la multiplication et à la division. Toutes les quatre sont conçues sur le même plan et rédigées dans le même style. Rien de mieux donc pour en donner en peu de mots une idée adéquate, que de reproduire intégralement l'une d'elles, la multiplication, par exemple. Je réimprime le texte français de la *Disme*, en y joignant la photogravure du texte flamand de la *Thiende* (fig. 2 et 3). Un mot d'explication préalable sera utile.

Stevin, dans ses démonstrations, suit la méthode d'Euclide. Le géomètre grec, on le sait, divisait systématiquement ses propositions en cinq parties :

L'*Énoncé*, ou *Proposition proprement dite*, dans lequel se formule d'une manière générale le théorème à démontrer ou le problème à résoudre.

L'*Ecthèse*, dans laquelle la Proposition est appliquée à une figure déterminée ou à un exemple particulier. Stevin dit : *Explication du donné* et *Explication du requis*.

La *Construction*, dans laquelle se tracent toutes les lignes auxiliaires de la figure, nécessaires à la démonstration du théorème ou à la solution du problème.

Stevin y explique la disposition à donner aux calculs et la manière pratique de les conduire.

La *Démonstration*. Dans la théorie des fractions décimales, la démonstration de Stevin consiste à

16 S. STEVINS

III. VOORSTEL VANDE MENICHVVLDIGHINGHE.

Wesende ghegheven Thiendetal te Menichvuldighen, ende Thiendetal Menichvulder: haer Vytbreng te vinden.

T GHEGHEVEN. Het sy Thiendetal te Menichvuldighen 32 ⓪ 5 ① 7 ②, ende het Thiendetal Menichvulder 89 ⓪ 4 ① 6 ②. T BEGHEERDE. Wy moeten haer Vytbreng vinden. WERCKING. Men sal de gegevē getalē in oirden stellen als hier nevē, Menichvuldigende naer de gemeene maniere van Menichvuldighen met heele ghetalen aldus: Gheeft Vytbreng (door het 3e. Prob. onser Fran. Arith.) 29137122: Nu om te weten wat dit sijn, men sal vergaderen beyde de laetste gegeven teeckenen, welcker een is ②, ende het ander oock ②, maecken tsamen ④, waer uyt men besluyten sal, dat de laetste cijffer des Vytbrengs is ④, welcke bekent wesende soo sijn oock (om haer volghende oirden) openbaer alle dander, Inder voughen dat 2913 ⓪ 7 ① 1 ② 2 ③ 2 ④, sijn het begheerde Vytbreng. BEWYS, Het ghegheven Thiendetal te menichvuldighen 32 ⓪ 5 ① 7 ②, doet (als blijct

					⓪	①	②
				3	2	5	7
				8	9	4	6
			1	9	5	4	2
		1	3	0	2	8	
	2	9	3	1	3		
2	6	0	5	6			
2	9	1	3	7	1	2	2
			⓪	①	②	③	④

F.G. 2.

THIENDE. 17

blijct door de derde Bepaling) $32\frac{5}{10}\frac{7}{100}$, maecken tsamen $32\frac{57}{100}$, Ende door de selve reden blijct den Menichvulder 89 ⓪ 4 ① 6 ②, weerdich te sijne $89\frac{46}{100}$, met de selve vermenichvuldicht de voornoemde $32\frac{57}{100}$, gheeft Vytbreng (door het 12e. probleme onser Franscher Arith.) $2913\frac{7122}{10000}$; Maer soo veel is oock weerdich den voornoemden Vytbreng 2913 ⓪ 7 ① 1 ② 2 ③ 2 ④, het is dan den waren Vytbreng; Twelck wy bewijsen moesten. Maer om nu te bethoonen de reden waerom ② vermenichvuldicht door ②, gheeft Vytbreng (welck de somme der ghetalen is) ④. Waerom ④ met ⑤, geeft Vytbreng ⑨, ende waerom ⓪ met ③ gheeft ③, etc. soo laet ons nemen $\frac{2}{10}$ ende $\frac{3}{100}$ (welcke door de derde Bepalinghe sijn 2 ① 3 ②) hare Vytbreng is $\frac{6}{1000}$, welcke door de voornoemde derde Bepalinge sijn 6 ③. Vermenichvuldighende dan ① met ②, den Vytbreng sijn ③. BESLVYT. Wesende dan gegeven Thiendetal te Menichvuldighen, ende Thiendetal Menichvulder, wy hebben haren Vytbreng ghevonden; als voorghenomen was gedaen te worden.

MERCKT.

SOo het laetste teecken des Thiendetals te Menichvuldigē ende Menichvulders ongelijck waren, als by exempel deen 3 ④ 7 ⑤ 8 ⑥, dander 5 ① 4 ②; Men sal doen als vooren, ende de ghestelthеyt der letteren vande Werckinghe sal soodanich sijn:

			④	⑤	⑥	
			3	7	8	
				5	4	②
		1	5	1	2	
	1	8	9	0		
	2	0	4	1	2	
④	⑤	⑥	⑦	⑧		

B IIII.

FIG. 3.

ramener le calcul des fractions décimales à celui des fractions ordinaires, dont les dénominateurs sont des puissances de 10, comme nous le faisons encore aujourd'hui. Quant à la théorie des fractions ordinaires, elle était correctement faite depuis longtemps et très connue.

La *Conclusion*, dans laquelle se répète la proposition à démontrer.

Ceci rappelé, et à condition de ne pas perdre de vue les définitions de Stevin données ci-dessus, la démonstration de sa règle de multiplication n'offrira plus, je crois, de difficulté.

« *Proposition III.*

» *De la Multiplication.*

» *Estant donné nombre de Disme à multiplier, et multiplicateur : Trouver leur produict.*

» *Explication du donné.* Soit le nombre à multiplier 32 (0) 5 (1) 7 (2), et multiplicateur 89 (0) 4 (1) 6 (2).

» *Explication du requis.* Il faut trouver leur produict.

» *Construction.* On mettra les nombres donnez en ordre comme ci joignant, multipliant selon la vulgaire maniere de multiplication par nombres entiers, en ceste sorte :

				(0)	(1)	(2)	
			3	2	5	7	
			8	9	4	6	
		1	9	5	4	2	
	1	3	0	2	8		
2	9	3	1	3			
2	6	0	5	6			
2	9	1	3	7	1	2	2
			(0)	(1)	(2)	(3)	(4)

» Donne produict (par le 3e probleme de l'Arithmetique) [1] 29137122. Or, pour sçavoir que ce sont, on ajoustera les deux derniers signes donnez, l'un (2) et l'autre aussi (2), font ensemble (4) ; nous dirons donc

[1] Dans le texte flamand, Stevin dit : « Door het 3e Prob. onser Fran. Arith. » On peut en conclure, que s'il écrivit la *Thiende* en flamand, il ne la publia pas avant l'*Arithmetique*. Les deux ouvrages parurent, je le rappelle, la même année.

que le signe du dernier charactere du produict sera (4), lequel estant cogneu, tous les autres seront notoires, à cause de leur ordre continu. De sorte que 2913 (0) 7 (1) 1 (2) 2 (3) 2 (4) sont le produict requis.

» *Demonstration.* Le nombre donné à multiplier 32 (0) 5 (1) 7 (2) faict (comme appert par la 3e definition de ceste Disme) $32\frac{5}{10}$, $\frac{7}{100}$, ensemble $32\frac{57}{100}$; et par mesme raison, le multiplicatur *(sic)* 89 (0) 4 (1) 6 (2) vaut $89\frac{46}{100}$; par le mesme multiplié ledict $32\frac{57}{100}$ donne produict par le 12e probleme de l'Arithmetique $2913\frac{7122}{10\,000}$. Mais autant vaut aussi ledict produict 2913 (0) 7 (1) 1 (2) 2 (3) 2 (4) : c'est donc le vrai produict. Ce qu'il nous falloit demonstrer. Mais pour dire maintenant la raison pourquoi (2) multiplié par (2) donne produict (4) (qui est la somme de leurs nombres) : item, pourquoi (4) par (5) donne produict (9) ; et pourquoi (0) par (3) donne (3) etc. : prenons $\frac{2}{10}$ et $\frac{3}{100}$ (qui sont par la 3e definition de ceste Disme, 2 (1), 3 (2)), leur produict est $\frac{6}{1000}$, qui vallent par ladicte troisiesme definition 6 (3). Multipliant doncques (1) par (2) le produict est (3), à sçavoir un signe composé de la somme des nombres des signes donnez.

» *Conclusion.* « Estant doncques donné nombre de Disme à multiplier et multiplicateur, nous avons trouvé leur produict. Ce qu'il falloit faire. »

« *Nota.*

» Si le dernier signe du nombre à multiplier fust inegal au dernier signe du multiplicateur, par exemple, l'un 3 (4) 7 (5) 8 (6), l'autre 5 (1) 4 (2), l'on fera comme

dessus, et la disposition des characteres de l'operation sera telle :

		(4)	(5)	(6)	
		3	7	8	
			5	4	(2)
	1	5	1	2	
1	8	9	0		
2	0	4	1	2	
(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	»

Il est bon de remarquer, à propos de cette *Note,* que Stevin a parfaitement aperçu, dans la pratique de la division, la difficulté que peut avoir, pour un débutant, le cas où le nombre des décimales du dividende est inférieur à celui du diviseur.

« Si les signes du diviseur, dit-il, fussent plus hauts que les signes du nombre à diviser, l'on mettera joignant le nombre à diviser, autant des 0 qu'on veut, ou autant qu'il sera mestier. » [1]

La deuxième partie de la *Disme* se termine par une nouvelle *Note.*

« Les extractions de toutes especes de racines se peuvent aussi faire par ces nombres de Disme. » Mais, cette fois, Stevin se contente de montrer, sans explications, comment s'extrait la racine carrée de 0,0529. Après avoir effectué l'opération, il a cependant soin d'ajouter : « La moitié du dernier signe des nombres donnez est tousjours le dernier signe de la racine. Pourtant, si le dernier signe donné fust de nombre imper, l'on y ajoustera son signe prochain suivant, et sera alors de nombre per ; puis on extraira la racine comme dessus.

» Semblablement en l'extraction de racine cubique,

[1] « Als men wil, ofte alst noodich valt. » Le lecteur est prié de remarquer la traduction de ce mot noodich, nécessaire, par « mestier. » Stevin emploie couramment le mot « mestier » dans ce sens.

le tiers du dernier signe donné sera tousjours le signe de la racine ; et ainsi de toutes autres especes de racines. »

III

C'est cette belle théorie des fractions décimales, je l'ai dit dès l'abord, qui a fait la retentissante, la longue popularité du « livret » de Stevin. Et cependant un lecteur moderne la trouvera beaucoup moins remarquable que l'*Appendice*, qui fut, au contraire, loin d'être apprécié à sa valeur par les contemporains. Ecoutons Stevin.

« *Appendice.*

» *Preface.*

» Puisque nous avons descript ci devant la Disme, nous viendrons maintenant à l'usage d'icelle ; demonstrans par 6 Articles, comment tous comptes se rencontrans aux affaires des hommes, se peuvent facilement expedier par icelle ; commençant premierement (comme elles ont aussi esté premierement mises en œuvre) aux computations d'Arpenterie, comme s'ensuit :

» *Article I.*

» *Des computations de l'Arpenterie.*

» L'on nommera la Verge aussi *Commencement*, qui est 1 (0), la partissant en dix parties egales, desquelles chascune fera 1 (1) ; puis se partira chascune *Prime* autrefois [1] en dix parties egales, desquelles chascune fera 1 (2) ; et si on reqiert les divisions plus petites, on divisera chasque 1 (2) autrefois en dix parties egales

[1] « Autrefois », wederom, c'est-à-dire, de nouveau.

et chascune vaudra 1 (3), procedant ainsi plus avant s'il fust besoing. Mais, quant à l'Arpenterie, les parties en *Secondes* sont assez petites ; mais, pour les choses qui requierent la mesure plus juste, comme toicts de plomb, corps, etc., l'on y peut user des *Tierces*. Quant à ce que la plus part des Arpenteurs n'usent pas de verge, ains une chaisne de trois, quatre, ou cinc verges, signans, sur le baston, de leur croix rectangulaire, quelques cinc ou six pieds avec leur *(sic)* doigts, le semblable se peut faire ici. Car au lieu d'iceux cinc ou six pieds, avec leurs doigts, l'on peut mettre six ou cinc *Primes* avec leurs *Secondes*.

» Ceci estant ainsi preparé, l'on usera, en mesurant, de ces parties, sans prendre egard aux pieds ou doigts que contient la verge selon la coustume du païs ; et ce qui se debvra ajouster, soubstraire, multiplier ou diviser selon ceste mesure, se fera selon la doctrine des precedens exemples.

» Par exemple, il faut ajouster quatre triangles ou superfices de terre, desquelles la premiere 345 (0) 7 (1) 2 (2) ; la deuxiesme 872 (0) 5 (1) 3 (2) ; la troisiesme 615 (0) 4 (1) 8 (2) ; la quatriesme 956 (0) 8 (1) 6 (2). Les mesmes ajoustez selon la maniere declarée à la premiere proposition de ceste Disme en ceste sorte :

			(0)	(1)	(2)
	3	4	5	7	2
	8	7	2	5	3
	6	1	5	4	8
	9	5	6	8	6
2	7	9	0	5	9

» Leur somme sera 2790 (0), ou verges 5 (1) 9 (2). Lesdictes verges parties selon la coustume, par autant qu'il y a des verges en un arpent, on aura les arpens requis. Mais, si l'on veut sçavoir combien de pieds et doigts font les 5 (1) 9 (2) (ce que l'Arpenteur ne fera

qu'une fois, à la fin du compte qu'il livre aux proprietaires, combien que la pluspart d'eux estiment inutile d'y faire mention de pieds ou doigts,) on verra sur la verge combien de pieds et doigts (qui sont marquez joignant les dixiesmes parties sur un autre costé de la verge) s'accordent aux mesmes. »

Après cet exemple, Stevin en développe encore trois autres, qui ne nous apprennent rien de neuf.

« *Article II.*

» *Des comptes des mesures de tapisserie.* »

Dans cet article, long à peine de dix à douze lignes, Stevin rappelle que l'unité de mesure des tapisseries est « l'Aulne. » Cela fait, il ne croit pas devoir en dire davantage, « veu que lex *(sic)* exemples accordent en toutavec ce qui en est dict au premier Article, de l'Arpenterie. »

« *Article III.*

» *Des comptes servans a la Gavierie et aux mesures de tous tonneaux.* »

« *Article IV.*

» *Des comptes de la Stereometrie en general.* »

Dans ces articles Stevin se répète un peu, et la transcription des titres donne une idée suffisante des sujets traités, mais en revanche les deux articles suivants méritent toute notre attention.

Avant de les aborder, je ne puis cependant passer sous silence une Note, curieuse par sa naïveté, qui termine l'article IV. Elle est relative à un problème dont voici l'énoncé.

« Posons qu'il y ait à mesurer quelque colomne quadranguliere rectanguliere, de laquelle la longueur

3 (1) 2 (2), l'argeur *(sic)* 2 (1) 4 (2), hauteur 2 (0) 3 (1) 5 (2). La demande est, combien il y a de matiere ? »

Stevin dit qu'il faut multiplier la longueur par la largeur et le nombre obtenu par la hauteur, ce qui « donne produict, comme appert, 1 (1) 8 (2) 4 (4) 8 (5). »

Ce résultat est une fraction décimale. A ce propos, l'auteur croit devoir mettre en garde certains de ses lecteurs. S'ils allaient confondre le dixième d'un cube avec le cube construit sur le dixième de son arête !

« *Nota.*

» Quelq'un *(sic)* ignorant (car c'est à ceslui-la que nous parlons ici) les fondamans de la Stereometrie, pourroit penser pourquoi [1] l'on dict, que la grandeur de la colomne ci-dessus, n'est que de 1 (1), etc. veu qu'elle contient plus que 180 cubes desquels la longueur de chasque costé est de 1 (1).

» Il sçaura, que le corps d'une verge n'est pas un corps de 10 (1), comme une verge en longueur, mais de 1000 (1) ; en respect dequoi 1 (1) faict 100 cubes chascun de 1 (1) [2] ; comme le semblable est assez notoire aux Arpenteurs en superfice. Car, quand on dict 2 verges 3 pieds de terre, cela ne s'entend point 2 verges et trois pieds quarrez ; mais de 2 verges et (comptant 12 pieds pour la verge) 36 pieds quarrez.

» Pourtant, si la demande ci-dessus eust esté, de combien de cubes chascun de 1 (1), fut la grandeur de ladicte colomne, l'on accommoderoit la solution conforme au requis, considerant que chasque 1 (1) de ceux-ci faict 100 (1) de ceux-la ; et chasque 1 (2) de ceux-ci 10 (1) de ceux-la, etc. »

(1) Stevin traduit ici mot à mot l'expression flamande « mocht dincken waeromme », pourrait se demander pourquoi.

(2) C'est-à-dire, que le dixième du cube unité contient 100 cubes construits sur le dixième de l'unité de longueur. Plus loin, Stevin ajoutera que le centième du cube unité contient dix cubes construits sur le dixième de l'unité de longueur.

Tout cela est assurément fort vrai, enfantinement clair. Mais, le piquant de la *Note* est précisément que Stevin n'écrit pas pour de petits écoliers. Non, il s'adresse, nous l'avons vu, à tous les « astrologues, arpenteurs, mesureurs de tapisserie, gavieurs, stereometriens en general, etc. » ; en un mot, à des hommes qui sembleraient, par profession, devoir connaître, sinon les hautes mathématiques de leur temps, du moins l'arithmétique élémentaire.

On ne s'attendait pas à voir le calculateur brugeois s'attarder à résoudre, pour quelques-uns d'entre eux, des difficultés aussi simples.

« *Article V.*

» *Des computations astronomiques.*

» Aians les anciens Astronomes parti le circle en 360 degrez, ils voioient que les computations astronomiques d'icelles, avec leurs partitions, estoient trop labourieuses. Pourtant (1) ils ont parti chasque degré en certaines parties et les mesmes autrefois en autant, etc. ; à fin de pouvoir par ainsi tousjours operer par nombres entiers en choissisans *(sic)* la soixantiesme progression, parce que 60 est nombre mesurable par plusieurs mesures entieres, à sçavoir 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30. Mais, si l'on peut croire l'experience, (ce que nous disons par toute reverence de la venerable antiquité, et esmeu avec l'utilité commune), certes la soixantiesme progression n'estoit pas la plus commode, au moins entre celles qui consistoient potentiellement en

(1) « Pourtant », daerom, c.-à-d., c'est pourquoi.

Voici la phrase entière de Stevin : « Daerom hebben sy elcken Trap willen scheyden in seecker deelen, ende de selve deelen andermael in alsoo veel, etc. om duer sulcke middel altijt lichtelicker te mueghen wercken door heele ghetalen, daer toe verkiesende de t' sestichdeelighe voortganck ; overmidts 60 een ghetal is metelick door vele verscheyden heele maten, namelick 1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30. »

la nature [1] ; ains la dixiesme, qui est telle : Nous nommons les 360 degrez aussi *Commencemens*, les denotans ainsi, 360 (0) ; et chascun degré, ou 1 (0), se divisera en 10 parties egales, desquelles chascune fera 1 (1) ; puis chasque 1 (1) en 10 (2), et ainsi des autres, comme le semblable est faict par plusieurs fois ci devant.

» Or estant entendue ceste partition, nous pourrions descripre selon ce qui a esté promis, leur facile maniere de ajouster, soubstraire, multiplier et diviser ; mais, veu qu'elles n'ont aucune difference des quatre propositions precedentes, tel recit ne seroit que perdre le temps. Pourtant nous les laisserons servir pour exemples de cest article. Y ajoustant encore ceci : que nous userons de ceste maniere de partition en toutes les tables et comptes, se rencontrans en l'Astronomie, que nous esperons de divulguer en nostre vulgaire langue germanique, qui est la plus riche, la plus ornée et la plus parfaicte langue de toutes langues ; de la tres exquise singulierité de laquelle nous attendons de brief autre demonstration plus abondante, que Pierre et Jehan en ont faict en la *Bewysconst* ou *Dialectique* nagueres divulguée. »

La *Bewysconst* ou *Dialectique* [2] est un traité de logique. Stevin, qui écrit si délicieusement en flamand quand il laisse courir sa plume sans se mettre en frais

[1] « Au moins qui consistoient potentiellement en la Nature, » immer onder de ghene die machtelick inde Natuere bestonden ; c.-à-d., du moins parmi celles qui étaient possibles dans la nature.

[2] *Dialectike Ofte Bewysconst. Leerende van allen saecken recht ende constelick Oirdeelen ; Oock openende den wech tot de alderdiepste verborgentheden der Natueren. Beschreven int Neerduytsch door Simon Stevin van Brugghe.* Tot Leyden. By Christoffel Plantijn. M. D. LXXXV.

Je connais un exemplaire de l'édition originale à la Bibliothèque Plantin à Anvers. L'ouvrage eut une réédition devenue un peu moins rare que la première.

Dialectike Ofte Bewysconst. Leerende van allen saecken recht ende constelick Oirdeelen : Oock openende den wech tot de alderdiepste verborgentheden der Natueren. Beschreven in 't Neerduytsch door Simon Stevin

de littérature, ne montre pas un goût très sûr dans le passage auquel il fait allusion. Il a voulu faire un pastiche des dialogues de Platon et des Tusculanes ; mais l'essai est lourd et maladroit. Pierre et Jehan, les deux interlocuteurs, s'évertuent en vain à donner à leur conversation un semblant de vie et d'intérêt.

Stevin est revenu maintes fois à sa thèse favorite de la supériorité du flamand sur toutes les autres langues ; mais, c'est en 1596, dans la célèbre digression des *Beghinselen der Weeghconst* (1), qu'il nous fait le mieux connaître ses idées concernant ce sujet.

D'après lui, les avantages de l'idiome flamand sont au nombre de quatre : la brièveté résultant de son extrême richesse en mots monosyllabiques ; la propriété de former un nombre illimité de mots composés ; la facilité avec laquelle il se prête à l'enseignement des sciences ; la force émouvante et entraînante qu'il a dans la bouche de l'orateur.

C'est là une agréable théorie. Mais, le Brugeois était avant tout homme avisé et de bon sens. Aussi voyait-il fort bien que, dans l'état où se trouvait le vocabulaire flamand, ses travaux scientifiques ne seraient pas compris. Aussi dans sa *Dialectique*, qui est au fond une introduction à son œuvre mathématique, l'auteur crée-t-il un grand nombre de mots nouveaux, dont il s'attache à définir soigneusement le sens.

van Brugghe. Van de voorige druckfauten verbetert. Tot Rotterdam. By Ian van Waesberge de Ionge, op de Koren-Merct, Anno 1621. (Bibliothèque Royale de Belgique, Université de Gand.)

Le dialogue entre Pierre et Jehan se trouve dans l'édition de 1585, pp. 141-166 ; et dans celle de 1621, pp. 142-166.

(1) *De Beghinselen Der Weeghconst Beschreven Dver Simon Stevin van Brugghe.* Tot Leyden. Inde Druckerye van Christoffel Plantijn, by Françoys van Raphelinghen, MDLXXXVI. (Bibliothèque Royale de Belgique, Université de Liége. Bibliothèque Plantin et Bibliothèque Communale à Anvers.)

La digression intitulée : « Simon Stevins Uytspraeck vande Weerdicheyt der Duytsche Tael », se trouve à la fin de la préface.

Mais passons, et revenons à l'objet principal de l'article V, la division décimale du degré de la circonférence. Ce qui y frappe tout d'abord, c'est l'exposé des avantages réciproques que présentent les divisions décimales et sexagésimales. Vu la date où elle est écrite, on ne saurait assez l'admirer. Stevin y devance son siècle. Aussi, quand, sortant de la théorie pure, il passera à l'application, devrons-nous lui pardonner quelques hésitations, voire quelques défaillances d'ailleurs très excusables et trop compréhensibles. Ainsi, il publia des tables numériques dans son Astronomie, qui parut, en 1608, dans les *Wisconstige Gedachtenissen* ( ). Or, dans les plus importantes de ces tables, celles des lignes trigonométriques naturelles, il semble oublier sa promesse. C'est que tenir parole eût été bien difficile. Il aurait dû construire de nouvelles tables, de dixième de degré en dixième de degré, et même de centième en centième ; travail énorme, écrasant, devant lequel il recula. Il se contenta de rééditer les anciennes tables calculées de minute en minute. Stevin n'avait pas le tempérament d'un Rheticus, d'un Viète, ni d'un Van Ceulen.

Mais, il y a un autre défaut dans la décimalisation de la circonférence telle que la préconise Stevin. Pourquoi scinder le degré en dix parties égales, et non pas la circonférence entière, ou mieux encore, le quadrant?

Que si on nous répond : C'est pour pouvoir utiliser les tables trigonométriques en usage ; nous répliquerons : Pourquoi alors ne pas appliquer plutôt la division décimale à la minute, comme nous l'appliquons aujourd'hui à la seconde, puisque toutes les tables

(1) *Wisconstige Gedachtenissen inhoudende t'ghene daer hem in gheoeffent heeft Den Doorluchtichsten Hoochgheboren Vorst ende Heere, Mavrits Prince van Oraengien,.* ..... Beschreven deur Simon Stevin van Brugghe. Tot Leyden, Inde Druckerye van Ian Bouwensz. Int Iaer M.DC.VIII. T. I. pp. 21-57, 63-99, et 103-139.

employées couramment étaient calculées de minute en minute ?

Et en effet, les interpolations nécessaires pour pouvoir se passer des lignes correspondantes aux minutes données par les tables, prêtaient bien plus à l'erreur que les calculs, somme toute assez simples, que l'on effectuait sur les degrés, les minutes et les secondes des arcs.

Mais, ce ne sont là, encore une fois, que des défaillances d'application dans l'emploi d'une méthode, en soi excellente, et qui, nous le répétons, fit de Stevin un précurseur.

IV

Le caractère du dernier Article diffère assez bien de celui des cinq précédents. Stevin nous y expose des règles générales et des avis valables pour toutes les mesures. « Chasque fameuse espece d'icelle », dit-il, (elcke vermaerde specie van dien), se nommera *Commencement*. Nous dirions aujourd'hui : Dans chaque ordre de grandeur, on prendra comme unité un étalon, choisi parmi les mieux appropriés et les plus connus ; car c'est là le sens qu'il faut attacher aux « fameuses especes » de Stevin.

Chaque unité se divisera en dixièmes, centièmes et millièmes.

Et ici Stevin lance de nouveau une idée inattendue. Non seulement il propose la division décimale de toutes les unités, mais il suggère encore l'idée de leur donner des noms rappelant la hiérarchie de ces divisions. Chaque dixième de l'unité se nommera *Prime*, chaque centième *Seconde*, chaque millième *Tierce* ; comme « Prime de marc, Seconde de marc, Seconde de livre, Seconde d'aulne, etc...

» Il nous est notoire, ajoute-t-il, que *seconde* multipliée

par *Tierce* donne produict *Quinte*, parce que 2 et 3 font 5, comme il est dict ci dessus. »

En si beau chemin, à si allègre allure, on s'attendrait à voir Stevin aller plus loin encore et nous proposer une nomenclature décimale applicable aux multiples des unités. Mais, hélas ! il s'arrête, sans nous ménager cette satisfaction.

Il ne semble pas non plus avoir entrevu l'utilité de ramener toutes les mesures à un étalon, à un *mètre* unique. Mais, c'eût été vraiment trop lui demander.

Dans l'intérêt de l'histoire, il importe de connaître en tout cela la pensée même de Stevin avec ses nuances. Écoutons-le donc de nouveau. Le texte flamand de la *Thiende* et le texte français de la *Disme* que je cite, sont tous deux de 1585. Que le lecteur me pardonne de le lui rappeler si souvent ! Pour bien juger Stevin, on ne peut pas perdre cette date de vue.

« *Article VI.*

» *Des comptes des maistres des monnoies, marchans et de tous estats en general.*

» Afin de dire, en brief et en general, la somme et contenu de cest article, faut sçavoir qu'on partira toutes mesures, comme Longue, Humide, Seiche, Argent, etc., par la precedente dixiesme progression ; et chasque fameuse espece d'icelles se nommera *Commencement ;* comme Marc, *Commencement* des pois par lesquels se poise l'or et l'argent ; Livre, *Commencement* des autres pois communs ; Livre de gros en Flandre, Livre Esterlain en Angleterre, Ducat en Hispaigne, etc., *Commencement* de monnoie. Le plus haut signe de Marc sera (4), car 1 (4) pesera environ la moitié d'un Es d'Anvers. La (3) suffira pour le plus haut signe de la Livre de gros, veu que telle 1 (3) faict moins que le quart d'un ȣ.

» Les soubdivisions des pois pour peser toutes choses seront (au lieu de demilivre, quart, demiquart, once, demionce, esterlin, grain, es, etc.) de chasque signe 5, 3, 2, 1 : c'est-à-dire, qu'apres la livre, ou 1 (0), suivera un pois de 5 (1), (faisant $\frac{1}{2}$ Lb), puis de 3 (1), puis de 2 (1), puis de 1 (1) ; et semblables soubdivisions aura aussi la 1 (1) et autres suivans.

» Nous estimons aussi utile que chasque soubdivision, voire de quelle matiere fust son subject, soit nommé *Prime*, *Seconde*, *Tierce*, *etc.* ; et cela à cause qu'il nous est notoire que *Seconde* multipliée par *Tierce* donne produict *Quinte*, (parce que 2 et 3 font 5, comme il est dict ci dessus). Item, que *Tierce* divisée par *Seconde* donne quotient *Prime*, *etc.* ; ce qui ne se pourroit faire si proprement (1) par autres noms. Mais, quand on les veut nommer par distinction des matieres (comme l'on dict demie aulne, demie livre, demie pinte, etc.) nous les pouvons nommer, Prime de Marc, Seconde de Marc, Seconde de Livre, Seconde d'Aulne, etc. » (2).

Stevin développe ici deux applications, puis il continue :

« Nous pourrions donner autres exemples en toutes les vulgaires regles d'Arithmetique se rencontrans souvent es traffiques des hommes, comme la regle de Compaignie, d'Interest, de Change, etc., demonstrans comment elles se peuvent toutes expedier par nombres entiers ; aussi ceste facile operation par les gettons ; mais veu qu'il est assez notoire par les precedens, nous n'en ferons point de mention.

» Nous sçaurions aussi demonstrer plus amplement, par comparaison de facheux exemples en rompuz, la grande difference de facilité qu'il y a de ceux-ci à ceux-là ; mais nous le passons outre à cause de brieftveté. »

(1) « Si proprement », soo merckelick, si remarquablement.
(2) Marcxeerste, Marcxstweede, Pondtstweede, Ellenstweede.

A l'exécution, Stevin prévoit une difficulté et cherche tant bien que mal à l'écarter. Dans les grandeurs qui font l'objet des cinq premiers articles, dit-il, « chascune personne peut exercer pour soi » les mesures décimales, « sans qu'il sera mestier (sans qu'il soit nécessaire) d'en estre donné par le Magistrat quelque ordre generale. »

Pourquoi ?

Parce que l'Arpenteur, le « Stereometrien », l'Astronome, après avoir effectué décimalement à part soi les calculs, convertira le résultat final obtenu, en mesures ordinaires, pour le livrer au public en un langage auquel ce public est habitué.

Dans l'Arpenterie, la Stéréométrie, l'Astronomie, le résultat numérique seul importe. Mais, si l'on venait à décimaliser, les mesures et les poids eux-mêmes, le Magistrat devrait s'en mêler et déclarer l'innovation bonne et légitime.

Ce vœu à peine formulé, l'homme de la vie réelle reprend, comme toujours, le dessus sur le spéculateur de génie. Stevin ne se berce d'aucune illusion et sait qu'il vient d'émettre un souhait platonique. Que lui importe ? Quand même « tout ceci ne fust pas mis en œuvre si tost, comme nous le pourrions souhaiter », dit-il, ce n'est jamais un mince service rendu à l'humanité que de lui avoir montré clairement un grand progrès réalisable. Or, celui-ci est tellement évident, que si les hommes restent dans l'avenir ce qu'ils furent dans le passé, ils accepteront certainement ce progrès un jour ou l'autre.

C'était une vue très juste, mais la prophétie devait tarder deux siècles à se réaliser !

Sur ce, notre immortel Brugeois dépose la plume. Prenons congé de lui en lisant sa dernière page dans sa langue savoureuse.

« Au dernier [1], il nous faut encore dire de quelque difference qu'il y a de ce 6e article aux 5 articles precedens : c'est que chascune personne peut exercer pour soi mesme la dixiesme partition desdicts precedens 5 articles, sans qu'il sera mestier d'en estre donné par le Magistrat quelque ordre general ; mais, cela pas ainsi en ce dernier. Car, ses exemples [2] sont vulgaires computations, qui se rencontrent à chasque moment ; ausquels il seroit convenable que la solution ainsi trouvée fust d'un chascun acceptée pour bonne et legitime. Pourtant [3], considerant sa tresgrande utilité, ce seroit chose louable, si quelcuns, comme ceux qui en attendent la plus grande commodité, solicitoient de la faire mettre en effect ; à sçavoir, que joignant [4] les vulgaires partitions qu'il y a maintenant des Mesures, Pois, et Argent (demeurant chasque capitale Mesure, Pois, et Argent en tous lieux immuable), l'on ordonnast encore legitimement [5] par les Superieurs la susdicte dixiesme partition, à fin que chascun qui vouldroit la pourroit user.

» Il avanceroit aussi la chose, si les valeurs d'argent, principalement de ce qui se forge de nouveau, fussent valuez sur quelques *Primes*, *Secondes*, *Tierces*, *etc.*

» Mais, si tout ceci ne fust pas mis en œuvre si tost, comme nous le pourrions souhaiter, il nous contentera, premierement, qu'il fera du bien à noz successeurs ; car, il est certain que si les hommes futurs sont de telle nature comme ont esté les precedens, qu'ils ne seront pas tousjours negligens en leur si grand avantaige.

» Au second, ce n'est pas le plus abject sçavoir [6] à

(1) « Au dernier », ten laetsten, c'est-à-dire, pour finir.

(2) « Car, ses exemples », wandt d'exempelen van dien, les exemples de ce dernier chapitre.

(3) « Pourtant », daerom, c'est pourquoi. Nous avons déjà rencontré « daerom » traduit par « pourtant ».

(4) « Que joignant », dat beneven, qu'avec...

(5) « Légitimement », Wettelick, légalement, c'est-à-dire par une Loi.

(6) « Le plus abject sçavoir », de vorworpenste wetenschap, la chose la plus négligeable à connaître.

un chascun en particulier, qu'il lui est notoire, comment les hommes se peuvent delivrer eux-mesmes, à toute heure qu'ils vouldroient, de tant et de si grans labeurs.

» Au dernier, combien que l'effect de ce 6e Article n'apparoistra point, peut estre, en quelque temps, toutesfois un chascun pourra exercer les cinc precedens, comme il est notoire qu'aucuns des mesmes l'ont desja mis en œuvre. »

H. Bosmans, S. J.

VARIÉTÉS

I

A PROPOS

DU LAMARCKISME DE M. LE DANTEC

—

Lors de la dernière assemblée générale de la *Société scientifique de Bruxelles* « ante bellum » en avril 1914, nous avons appelé l'attention de la troisième Section sur les généralisations trop hâtives des observations de certains naturalistes contemporains, qui, comme Hugo de Vries, admettent les variations brusques des espèces dans le germe ou l'embryon ; théorie qu'Isidore Geoffroy Saint-Hilaire avait déjà très nettement formulée, il y a près d'un siècle, en discutant les idées de Lamarck et de Georges Cuvier.

Nous avons également insisté sur les curieuses applications de la loi de Mendel aux variations des caractères morphologiques de l'homme et des animaux, ainsi que sur les races dominantes et dominées, bien connues aujourd'hui des zootechniciens et des physiologistes.

Ces faits et ces lois ont remis un instant à la mode les œuvres de Lamarck, dont M. Félix Le Dantec, chargé de cours à la Sorbonne, publiait peu avant la guerre une apologie dithyrambique dans la REVUE SCIENTIFIQUE (1).

Cet article, inspiré par un esprit sectaire étroit, comme toutes les publications agressives de ce professeur d'athéisme soi-disant scientifique, ne mérite pas une réfutation en règle ; mais il faut au moins y relever les contradictions, les aveux, les réticences et les conclusions tranchantes.

Constatons d'abord que l'auteur commet une erreur grossière lorsqu'il affirme que Lamarck a fait preuve d'un génie prodi-

(1) 14 juin 1913, pp. 740 et seq.

gieux en inaugurant le système transformiste, en trouvant, du premier coup, les lois fondamentales de l'évolution des êtres vivants, les deux principes qui résument toute la biologie du développement des organes par l'habitude et de la transmission par l'hérédité des caractères acquis.

Cette affirmation dénote une ignorance étonnante de l'histoire des sciences et de la philosophie.

Il y a longtemps que nous avons signalé l'existence des deux principes de l'évolutionnisme dans la doctrine d'Aristote, de ses prédécesseurs et de ses continuateurs, tels que Roger Bacon, Albert le Grand et Saint Thomas (1).

Plus tard Buffon, qui ne se contentait pas d'observer et de décrire les mœurs des animaux, institua de nombreuses expériences dans son jardin zoologique du château de Montbard en Bourgogne, afin d'étudier l'hérédité, le croisement et la sélection artificielle des animaux, ce dont Lamarck et Darwin se sont évidemment inspirés (2).

Dans ses *Éléments de physiologie*, le philosophe Diderot a formulé très nettement les deux aphorismes de Lamarck, quand il écrivait :

« L'organisation détermine les fonctions et les besoins, et quelquefois les besoins refluent sur l'organisation et cette influence *peut aller même jusqu'à produire des organes, toujours jusqu'à les transformer.* »

Lamarck a paraphrasé plus ou moins habilement ces textes, parfois d'une façon puérile, notamment quand il prétendait expliquer l'allongement du cou de la girafe par l'habitude de brouter les grands mimosas.

Lamarck, affirme M. Le Dantec, n'était rien moins que chimiste, mais était par contre physicien, très supérieur aux naturalistes à courte vue qui n'aiment pas la méthode déductive.

Cette affirmation est intéressante à enregistrer : en fait Lamarck n'était pas plus physicien que chimiste ! Car les connais-

(1) *Un dogme matérialiste ou la doctrine de l'Évolution.* REVUE CATHOLIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN, 1878 (tome X). *L'étude de la nature dans l'antiquité.* IBID. tome XIV, 1875, *et au moyen âge.* IBID., tome IX. 1872. *Darwin et les progrès de la Zoologie.* ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES. 1882.

(2) *La zoologie expérimentale du XIIIme siècle jusqu'au début du siècle actuel*, par Gustave Loisel (Expériences de Buffon sur la sélection des races de pigeons et le croisement de diverses espèces de mammifères sauvages et domestiques). REVUE DU MOIS, tome X, juillet 1910.

sances de Lamarck en physique étaient au moins aussi rudimentaires qu'en chimie. Le caractère déductif et généralisateur de son esprit prouve uniquement qu'il s'inspirait de la philosophie des Grecs, voire même de leur métaphysique, dont M. Le Dantec fait si bon marché.

C'est en étudiant les animaux sans vertèbres et particulièrement les mollusques que, frappé de leurs variations morphologiques, Lamarck fut amené à conclure au transformisme général des êtres vivants dans la nature. Il se rangeait en cela à la suite d'Empédocle, d'Anaximandre, d'Héraclite, d'Aristote, d'Ovide, d'Épicure et de tant d'autres, qui tenaient la même doctrine.

Il y avait longtemps qu'on enseignait dans les écoles de philosophie, avant Blaise Pascal, que l'habitude est une seconde nature, que les organes se développent par l'exercice et que les races de plantes et d'animaux résultent de la fixation de caractères acquis et transmis par hérédité.

Cependant la doctrine de Lamarck ne devait pas régner sans conteste. Haeckel affirme qu'il est le plus souvent impossible d'expliquer la modification des formes par l'habitude, l'usage ou le défaut d'usage des organes dans les milieux changeants du Cosmos et il conclut à la supériorité de la doctrine de Darwin, de la sélection naturelle par la lutte pour l'existence. Dubois-Reymond était du même avis, quand il disait, dans un congrès des naturalistes allemands à Leipzig, qu'en nous tenant à la doctrine de la sélection naturelle qui exclut l'idée de la finalité, nous sommes comme le naufragé qui tout à l'heure se voyait perdu sans ressources et qui maintenant s'est cramponné à une planche et se laisse porter par elle sur les eaux.

Quand il n'y a pas à choisir entre la planche et le fond de l'eau, l'avantage est bien positivement du côté de la planche (1).

Le célèbre physiologiste allemand ne voyait donc pas dans la doctrine de Lamarck, qu'il connaissait parfaitement, une épave capable de porter au-dessus de l'abîme la doctrine de l'évolution.

Or, voici que M. Le Dantec à son tour repousse la fameuse planche de salut de la sélection naturelle : « Après la publication du livre de Darwin, dit-il, on avait pu croire un instant que le transformisme allait s'imposer ; mais les explications spécieuses du savant anglais ne pouvaient résister longtemps à la critique ». « Le succès du Darwinisme fut dangereux, car le jour où l'on aperçut l'inconsistance du système, on abandonna en bloc le

(1) Voir nos articles (1878) REVUE SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES. *Les naturalistes philosophes.*

transformisme tout entier » (1). « J'ai montré aisément, ajoute M. Le Dantec (p. 743), que le fameux *principe* (?) de la sélection naturelle n'est qu'une vérité de La Palisse, une forme de langage commode pour raconter les faits, et ne fournit qu'une apparence d'explication. » Mais s'il faut donc en revenir à Lamarck, il importe, pour l'honneur de la science moderne, de présenter sa doctrine comme entièrement dégagée de tout mélange de créationnisme. C'est à quoi s'applique M. Le Dantec. Suivant lui, « le transformisme de Lamarck rompait nettement avec le dogme de la création biblique, malgré toutes les précautions oratoires dont s'enveloppait sa brutale sincérité » (2). Or, que pensait de cela Lamarck lui-même, suivant son dernier éditeur, M. Landrieu, lequel, toujours d'après M. Le Dantec, a réuni ses œuvres avec une piété vraiment filiale et scrupuleuse ? Voici :

« Dans l'introduction de l'histoire naturelle des animaux sans vertèbres, il prélude au grand mouvement moniste contemporain, mais il n'en reste pas moins un déiste indiscutable, quoique peu orthodoxe, qui le classe cependant parmi les dualistes. »

On a beau ajouter après coup que ce ne sont là que des concessions « plus de forme que de fond » ; tous ceux qui ont connu Lamarck au Muséum d'histoire naturelle ne doutaient pas de sa sincérité. Du reste, comment douter, quand nous trouvons sous la plume de Lamarck des affirmations comme celles-ci : « On a pensé que la Nature était Dieu même. Chose étrange, on a confondu l'horloge avec l'horloger, l'ouvrage avec son auteur ». — « Rien n'existe que par la volonté du sublime auteur de toutes choses » (3).

M. Le Dantec continue : « Aggravant l'erreur darwinienne, des naturalistes célèbres ont récemment affirmé que les transformations d'espèces ne pouvaient avoir d'autres causes que les variations brusques qui font quelquefois apparaître, par hasard, des différences *très marquées* entre deux individus issus du même couple. Ainsi se trouvait rejetée l'explication lamarckienne de l'évolution par adaptations progressives. Ce système caduc jouit en ce moment d'une vogue incontestée, comme tout ce qui peut aider au renouveau du mysticisme en sapant l'édifice de Lamarck » (4).

Voici de nouveau le bout de l'oreille qui perce et qu'on laisse percer d'une façon bien maladroite, car les théories philosophi-

(1) Revue scientifique, 14 juin 1913, p. 741.
(2) Ibid.
(3) *Histoire des animaux sans vertèbres.*
(4) *Loc. cit.*, p. 745.

ques n'ont rien à voir avec la théorie des modifications brusques, qu'on a d'ailleurs bien soin d'attribuer au hasard. L'apologiste de Lamarck n'en affirme pas moins que, pour la majorité compacte formée de gens médiocres, le mysticisme, le spiritualisme et le créationnisme sont des aliments plus faciles à digérer que le système lamarckien, qui domine la Biologie et qui est une science synthétique réservée à une élite.

D'où vient donc cette démangeaison de mêler les doctrines religieuses et philosophiques à des questions d'ordre purement scientifique ? On cherche vraiment à accaparer la « Science moderne » au profit des thèses matérialistes et antireligieuses.

Depuis quelques années nous avons vu se répandre en Belgique, dans les milieux universitaires et populaires, sous le couvert d'institutions scientifiques, ce dogmatisme antireligieux.

Rappelons à ce sujet les discours prononcés à la Maison du Peuple par MM. Solvay et Anatole France, ainsi que par M. Le Dantec lui-même, à l'Université libre de Bruxelles.

La Revue scientifique, en rendant compte en 1913 de la manifestation Solvay, a reproduit un extrait du discours de l'honorable sénateur qui se fait, avec candeur, l'écho de ces théories prétentieuses, qui n'ont rien de commun avec les données positives et les glorieuses découvertes de la science moderne.

« Oui, s'écriait M. Solvay à la Maison du Peuple, oui, nous purifierons demain toutes nos sciences, en refoulant pour jamais les derniers restes occultes.

Oui, la matière et l'énergie nous apparaîtront bientôt dans leur toute simple et définitive réalité.

Oui, nous dévoilerons la constitution exacte de l'espace éthéré et le mécanisme précis de la genèse stellaire.

Oui, le roi des êtres vivants, infimes et grands, connaîtra la place qu'il occupe, avec ses inférieurs, au sein du Tout, du Tout qu'il connaîtra également.

Il créera l'être vivant rudimentaire et définira la pensée dans leur naïve simplicité. (!!?)

Il établira et suivra les formules de l'évolution nécessaire de ses groupements sociaux, dont il préviendra les grands heurts chaotiques.

Enfin il saura, il verra, il comprendra, il formulera ; et il appliquera.

Et le jour approche rapidement où la Loi totale qui régira tout, radieuse, mais implacable, satisfera le Total idéal humain en le détruisant (1) ! »

(1) Revue scientifique, 25 octobre 1913, p. 533.

Si M. Solvay avait pris connaissance de deux discours publiés par la même REVUE SCIENTIFIQUE, la même année, celui du professeur Darcy Wentworth Thomson *sur les grands problèmes de la Biologie* à l'University College de Dundee, et celui de M. F. Henneguy, membre de l'Institut, professeur au Collège de France, il aurait certainement fait jouer un peu en sourdine sa fanfare wagnérienne.

« Nous sommes vraiment peu éloignés du point d'où nous sommes partis.

Malgré l'accroissement de nos connaissances, malgré l'aide qu'apportent toutes les sciences à la biologie, il est cependant manifeste que les biologistes d'aujourd'hui ne se trouvent pas dans un état de parfaite satisfaction. Les arguments qui ont paru suffisants à la génération précédente demandent une nouvelle révision, et des vieilles solutions surgissent de nouvelles questions ; les problèmes ultimes sont aujourd'hui aussi impénétrables qu'ils le furent jadis. Ce que nous voudrions pouvoir expliquer avant tout se dérobe à l'explication (1). »

« Le merveilleux, dit Aristote, est le commencement de la philosophie, et cette pensée est à l'heure présente plus vraie que jamais. Comme dans les commencements de la philosophie, le biologiste ne peut que contempler et admirer, comme le font tous ceux qui contemplent les cieux et la terre, la mer et tout ce qui existe.

Et si le merveilleux, comme le dit encore Aristote, a sa source dans l'ignorance où nous sommes des causes des choses, il ne cesse pourtant pas quand nous avons suivi à la trace et découvert les causes immédiates, les causes physiques, les causes efficientes des phénomènes. Car derrière la causalité physique, et très éloignée d'elle, se trouve la Fin, la Cause finale du philosophe, la raison du Pourquoi dans laquelle sont cachés les problèmes de l'harmonie et de l'autonomie organiques et les mystères du but manifeste, de l'adaptation et du dessein. Ici, dans la région de la téléologie, les arguments qui nous ont guidés à travers les faits et les causes physiques commencent à faire défaut et l'intuition qui est si près de la Foi, vient s'imposer (2). »

L'abîme entre les formes les plus rudimentaires de la vie et le monde inorganique est maintenant reconnu plus profond qu'on ne l'avait cru il y a quelques dizaines d'années.

(1) REVUE SCIENTIFIQUE, 29 mars 1913, p. 395.
(2) IBID., p. 396.

Nous voilà donc plus loin que jadis de « la création de l'être rudimentaire » !

« La connaissance de plus en plus approfondie de l'action des facteurs externes, dit à son tour M. le professeur Henneguy, est impuissante à nous apprendre pourquoi un œuf déterminé, quelles que soient les conditions dans lesquelles il se développe, ne peut produire qu'un être de la même espèce que celle dont il provient. C'est que, en effet, les facteurs internes sont de beaucoup plus importants que les facteurs externes ; ceux-ci ne déterminent que les conditions du développement, tandis que des premiers dépendent la forme et les propriétés de l'être. Mais qu'est-ce que ces facteurs internes ? Nous constatons leurs effets, mais jusqu'ici, ils nous sont à peu près complètement inconnus.

Relativement à la nature de ces facteurs internes, nous sommes réduits à des hypothèses. On a admis qu'il y a dans l'œuf une substance spéciale ou des particules organiques provenant des parents et qui déterminent les caractères héréditaires. Ce sont les gemmules de Darwin, les plastidules de Haeckel, les idioblastes de Hertwig, les déterminants de Weismann, etc., que les uns localisent dans le noyau, d'autres, aussi bien dans le cytoplasme que dans le noyau. Mais cette théorie des particules représentatives se heurte, en présence de certains faits, à des difficultés insurmontables (1). » Et cependant, M. Henneguy affirme que l'embryologie descriptive est aujourd'hui une science à peu près faite et qu'il ne reste plus que des points de détails secondaires à élucider.

Après avoir retracé l'histoire des conquêtes de cette science, le professeur du Collège de France s'attaque à la théorie de Haeckel, suivant lequel tous les êtres vivants, depuis l'éponge jusqu'à l'homme, sortiraient de la gastrula, simple sac à double feuillet ou enveloppe. — « Au fur et à mesure que se sont multipliées les recherches et que les méthodes d'investigation sont devenues plus précises, on s'est aperçu que les lois qui paraissaient fondamentales ne sont pas en réalité générales ». « Le stade de gastrula n'existe pas chez un grand nombre d'animaux. C'est en vain que les auteurs se sont ingéniés à le retrouver chez les vertébrés supérieurs ».

Ces affirmations d'hommes du métier, M. Solvay s'en soucie-t-il quand il prophétise au nom de la Science ?

(1) Revue scientifique, 15 mars 1913, p. 327.

Il y a plus de quarante ans, nous écrivions dans la REVUE CATHOLIQUE (1874), les lignes suivantes, tout en rendant hommage aux travaux de Lamarck et de Darwin, quand ils ne sortaient pas du domaine de l'observation pure :

« Qu'on ne se le dissimule point, le transformisme se modifie sans cesse sous les rudes coups qu'on lui porte. Véritable Protée, il s'efforce d'échapper à ses adversaires en changeant constamment de face.

Battu sur un point, il reparaît aussitôt sur un autre où il s'affirme avec la même audace. Ce qui s'appelle aujourd'hui Darwinisme portera demain un autre nom. » L'histoire de l'évolution nous a donné raison ; nous croyons avoir été meilleur prophète que M. le sénateur Solvay, dont nous partageons d'ailleurs l'enthousiasme pour les fécondes et glorieuses conquêtes de la Science moderne, dont nous admirons la générosité, mais dont nous répudions énergiquement les doctrines *à priori,* qui n'ont rien à voir avec l'étude consciencieuse des phénomènes de la nature et de la vie.

En réalité, toutes les hypothèses des Lamarckistes et des Darwinistes, pour expliquer, par l'acquisition progressive des habitudes, les merveilles de l'instinct des animaux inférieurs n'ont abouti jusqu'ici qu'à démontrer l'inanité de ces théories explicatives.

L'apparition des races démontre sans doute à l'évidence la plasticité providentielle de bon nombre d'espèces dans le présent comme dans le passé et leur faculté d'adaptation aux conditions nouvelles d'existence. Mais bien des naturalistes indépendants, qui se défient des nouvelles théories conçues *à priori,* ont déjà constaté, en voulant répéter les expériences d'Hugo de Vries, l'étonnante persistance du retour au type primitif de ces races artificielles, converties en espèces pour les besoins de la cause (1).

On rencontre ici les mêmes déceptions que dans le contrôle des soi-disant découvertes de génération ou d'organisation spontanée de la matière. Faut-il rappeler les célèbres expériences de Pasteur sur les bactéries et les protozoaires, le trop fameux Bathybius d'Huxley, dont le géologue de Lapparent a raconté dans cette REVUE l'amusante histoire, et les pseudo-cellules vivantes, engendrées dans des solutions minérales, contenant

(1) Voir les *récentes* publications de MM. Frateur et Grégoire, professeurs à l'Université de Louvain.

les principes élémentaires du protoplasme. Partout et toujours, les mêmes déceptions attendent la foi obstinée des partisans actuels du système d'Anaxagore, le père du matérialisme philosophique, qui enseignait, il y a plus de 2500 ans, l'éternité de la matière et le développement mécanique de la vie opéré par l'action du soleil sur le limon terrestre (1).

En terminant, nous tenons à déclarer une fois de plus que nous sommes loin de prétendre qu'il faille repousser dorénavant toute tentative d'expliquer l'origine des espèces par voie de transformations successives à travers les siècles, à mesure que se transformaient les conditions de milieu.

Nous nous sommes déjà nettement expliqués à cet égard dans nos publications antérieures. Si les dogmes matérialistes exigent la croyance à la génération spontanée et au transformisme intégral, les dogmes catholiques nous laissent à cet égard une entière et pleine liberté. La preuve, c'est que des Pères de l'Église et des théologiens érudits du moyen âge admettaient et enseignaient, sans être le moins du monde suspectés d'hérésie, la génération spontanée à partir de la matière inerte elle-même.

Aujourd'hui encore, des savants catholiques éminents n'hésitent pas à admettre la transformation des espèces aux époques géologiques, surtout dans l'embranchement des invertébrés, comme chez les mollusques (2). C'est ainsi que Jean Boussac, professeur à l'Université catholique de Paris, a publié récemment un curieux mémoire sur l'évolution des Cérithes dans le bassin nummulitique de Paris, analogue au bassin Bruxellien de l'époque éocène.

Et, pour en revenir à Lamarck, rappelons en terminant le jugement si sévère du célèbre biologiste Huxley sur la philosophie zoologique de Lamarck, qu'il n'hésitait pas à traiter de puérile : une pure folie, disait-il (3). « Pour tout biologiste, a-t-il écrit, la moitié des arguments de Lamarck était surannée et l'autre, défectueuse, dès 1850. » L'histologie et l'embryologie

(1) *La doctrine de l'Évolution*, 1873. *Un dogme matérialiste*, ch. I. *Loc. I. cit.*, Revue catholique de Louvain, ibid. *L'étude de la nature dans l'antiquité*, 1875, t. XIV.

(2) Voir les belles monographies de Neunay, de Vienne, sur l'évolution des invertébrés, et de ses continuateurs, Helgendorf, Wangen, Moritz, Hornes. Seulement, on peut toujours reprocher à ces monographies d'attacher une trop grande importance aux différences de forme, c'est-à-dire aux caractères extérieurs, alors que le seul véritable critérium de l'espèce est la reproduction. L'espèce, disait déjà très justement Albert le Grand, le maître de Saint Thomas, « est la réunion des individus qui naissent les uns des autres ».

(3) Voir Revue scientifique, 9 juin 1888, pp. 713 et sq.

avaient été créées et avaient fait naître des conceptions absolument nouvelles. Aux yeux de Huxley, Lamarck était — *buccinator tantum*.

A. PROOST.

II

LE CAS DE L'HOMME DE PILTDOWN

La découverte de l'Homme de Piltdown est peut-être le fait le plus important qui se soit produit en Paléontologie humaine depuis dix ans. Bien des Revues s'en sont déjà occupées : dans l'ANTHROPOLOGIE notamment, M. Boule a donné sur le sujet des explications et des appréciations définitives (1), qui devraient décourager qui que ce soit de reprendre la question, tant qu'aucun élément nouveau n'aura été apporté au problème de l'Eoanthropus Dawsoni. Mon seul titre à présenter les réflexions qui suivent est d'avoir été admis (par l'amitié du regretté M. Dawson) à fouiller personnellement à Piltdown. J'ai vu, encore dans le sol, une partie des restes qui ont fait la célébrité du gisement. Le témoin d'un événement est généralement excusé de sa prétention, plus ou moins justifiée, à vouloir s'en occuper.

Rappelons d'abord les faits.

Quelques années avant 1911, un géologue anglais, M. Ch. Dawson, passant près du Piltdown Common (aux environs d'Uckfield, Sussex) remarqua, sur un chemin de ferme, des graviers qu'il ne connaissait pas dans la région. Après enquête, il constata que ces graviers provenaient d'une petite exploitation ouverte au voisinage même de la ferme, pour les besoins de la propriété. Peu après, un des ouvriers occupés à l'extraction lui remit un morceau de pariétal humain fortement imprégné d'oxyde de fer, trouvé parmi les cailloux.

L'exploitation du gravier ne se faisait qu'avec une très grande lenteur. Aussi n'est-ce qu'en 1911 qu'un second fragment de crâne, plus grand que le premier, fut recueilli dans le *gravel pit*, par M. Dawson lui-même.

Cette fois, de concert avec M. A. Smith Woodward, conservateur des collections paléontologiques du British Museum, des

(1) Marcellin Boule, *La Paléontologie humaine en Angleterre* (ANTHROPOLOGIE, t. XXVI, janvier-avril 1915).

fouilles méthodiques furent décidées ; et, au bout de deux ans, sur une surface de quelque 20 mètres carrés, et dans une épaisseur de 1 mètre à 1 mètre 50 de gravier, les chercheurs se trouvaient avoir réuni les objets suivants :

Restes présumés humains :

1° Quatre morceaux d'un crâne extrêmement épais (frontal et pariétal gauches, — pariétal droit et région moyenne de l'occipital). Les deux premiers morceaux s'articulent exactement entre eux, les deux derniers sont en contact sur 2 centimètres. Le bloc des pièces de droite et celui des pièces de gauche ne se rejoignent pas entre eux ; mais ils se complètent cependant assez pour permettre une reconstitution à peu près exacte de la boîte crânienne.

2° Un maxillaire droit avec première et deuxième molaires en place ; le bord supérieur du maxillaire, avec les alvéoles, manque depuis la première molaire jusqu'à la symphyse.

3° Une canine supérieure.

4° Deux os nasaux.

Tous ces débris ont été trouvés au même endroit, dans un rayon de quelques mètres.

Vestiges d'industrie humaine :

Deux instruments en silex, ayant les dimensions et la forme générale d'un coup de poing chelléen, mais avec des retouches sur une face seulement.

Restes d'animaux :

Un débris très roulé de molaire de Mastodonte ; deux fragments à peine roulés d'une molaire d'Éléphant de type pliocène (Stégodon) ; deux molaires brisées d'Hippopotame ; deux dents de Castor ; un morceau de bois de Cerf (Elaphe ?) ; une dent de Cheval (indéterminable spécifiquement). Ces deux derniers fossiles n'ont pas été trouvés dans le gravier exploité, mais dans un champ voisin.

Ces divers débris, y compris les restes humains, sont très fossilisés. La densité des os du crâne est 2,115 ; ceux-ci ne contiennent plus trace de matière organique.

Un peu plus tard, en 1914, MM. Dawson et Woodward découvrirent, toujours au même point, une lame osseuse, de 41 centimètres de long sur 10 de large (probablement empruntée à un os de Proboscidien) qui porterait, paraît-il, des traces évidentes d'appointement artificiel. Cet instrument est très minéralisé comme les autres fossiles.

Enfin, au cours de ses dernières recherches, en 1915 (1), M. Dawson a recueilli, à la surface d'un champ situé à deux milles de Piltdown, parmi des cailloux ayant l'aspect caractéristique de ceux de Piltdown ;

1° Deux petits fragments de crâne (un morceau de frontal droit appartenant à la région supra-orbitale, et un morceau d'occipital) ayant les mêmes caractères, fossilisation et épaisseur, que le crâne précédemment trouvé.

2° Une première molaire inférieure humaine, semblable également à celles du maxillaire de Piltdown.

3° Un fragment de dent de Rhinocéros.

Quelle est la signification générale de toutes ces trouvailles ?

Tout d'abord, il est certain qu'on se trouve, à Piltdown, en présence d'une formation géologique parfaitement définie. Les graviers sont stratifiés, fortement cimentés, et reposent sur du grès Wealdien remanié par un courant qui a dû être très rapide. Piltdown est le point le plus net où ce dépôt fluvial ait été observé jusqu'ici. Mais des traînées caractéristiques de petits silex, répandus à la surface des champs, permettent de reconnaître la présence du même cailloutis sur une aire très étendue (plusieurs milles tout autour de Piltdown). Les lambeaux de gravier ainsi reconnus jalonnent une ancienne terrasse, où, postérieurement à leur dépôt, la rivière Ouse (qui coule actuellement à 25 mètres plus bas) a creusé son lit.

Par analogie avec les formations semblables de la Tamise, du Kent et du Nord de la France, il est indiqué de faire remonter la terrasse de Piltdown au Quaternaire ancien ; il serait impossible du reste de la rajeunir davantage. La présence du Cerf, du Castor, du Cheval, sans être décisive, est favorable à cette attribution. Si on admet l'hypothèse susdite, les débris de Mastodonte et d'Éléphant doivent être considérés comme des fossiles pliocènes remaniés. Quant aux restes humains, contemporains de la formation du dépôt (puisqu'ils ne sont pas roulés ni dispersés), ils se trouvent être au moins chelléens. C'est dire qu'ils peuvent nous renseigner sur cet Homme préglaciaire dont l'industrie lithique est partout répandue, et le type morphologique à peu près inconnu. De là leur immense intérêt.

Que nous ont-ils appris ?

L'extraordinaire épaisseur des os du crâne (10 à 20 millimètres, au lieu de 5 à 6, épaisseur moyenne d'un crâne d'Euro-

(1) *Quarterly Journal of the Geological Society*, 6 avril 1918. Londres. — Communication de M. A. Smith Woodward.

péen moderne) n'est point pathologique, et elle aurait un grand intérêt spécifique, si, comme les trouvailles de 1915 semblent l'indiquer, elle était constante dans la race de Piltdown. Mais jusqu'ici, ce caractère n'est susceptible d'aucune interprétation physiologique, ni phylétique.

Il n'en va pas de même du dessin extérieur des os. Par ses arcades sourcilières, faiblement accusées, son front droit, son occipital arrondi, la forme régulière et harmonieusement voûtée de sa boîte crânienne, par sa fosse glénoïde étroite et profonde, l'Homme de Piltdown nous apparaît comme absolument différent de l'Homme de Néanderthal, incomparablement plus proche que ce dernier du type normal de nos contemporains. Le volume du crâne (difficile à mesurer avec précision, parce que les pièces trouvées ne s'agencent pas avec une exactitude absolue) est aujourd'hui fixé par M. Woodward à 1300 centimètres cubes, ce qui est la moyenne, dit M. Boule, des crânes de Boschimans et d'Australiens.

Dans ces conditions, on ne peut accepter qu'avec réserve, par suite de l'énorme difficulté des observations sur lesquelles elle repose, la conclusion du Prof. Elliott Smith qui, après avoir étudié le moulage intra-crânien de l'Homme de Piltdown, croit devoir lui attribuer « l'encéphale humain le plus primitif et le plus simien que l'on connaisse encore ».

Par tous ses caractères ostéologiques les plus francs, le crâne de Piltdown appartient à un Homme si caractérisé qu'une étude attentive peut seule le différencier d'un crâne d'Homme actuel.

Voilà pour les os du crâne

Si nous passons à l'étude de la mâchoire et de la dentition, changement complet! L'une et l'autre sont simiennes, tellement simiennes, que c'est maintenant pour arriver à les distinguer des parties correspondantes d'un Chimpanzé qu'il faut déployer une véritable subtilité.

La symphyse de la mandibule, au lieu de s'arrondir à son bord intérieur en un bourrelet régulier, comme chez l'Homme, se prolonge en dedans de la mâchoire sous forme d'une lame osseuse, exactement comme chez les Singes, caractère qui n'est même pas ébauché sur la mâchoire, pourtant si primitive, de Mauer. Les molaires pourraient, à la rigueur, passer pour humaines. Mais la canine est grande, pointue, fortement usée intérieurement, comme chez le Chimpanzé.

Ainsi, crâne humain et mâchoire de singe. On comprend que

M. Woodward ait cherché, pour une association aussi étonnante, un vocable nouveau (Eoanthropus Dawsoni). Toutes réserves faites sur l'opportunité du nom choisi, l'hominien de Piltdown méritait bien qu'on fît pour lui, dans la classification, une coupure particulière.

Oui, il méritait cela, à moins qu'il ne fût un animal composite, reconstitué par erreur avec des pièces appartenant à deux êtres différents.

Nous voici arrivés à ce qui constitue proprement *le cas de l'Homme de Piltdown*.

Je ne pense pas qu'à l'esprit de ceux qui furent témoins de la découverte de Piltdown, l'idée se soit présentée un seul instant que le crâne et la mâchoire pussent ne pas appartenir à un même individu. D'où leur venait cette assurance ? Tout justement de ce qu'ils avaient vu, de leurs yeux, les fossiles presque côte à côte dans le gravier.

Comme dit très justement M. Boule (*loc. cit.*, p. 62), « il est bien difficile d'imaginer la présence, sur un même point, au sein d'une antique formation alluviale, de débris appartenant à deux espèces de grands Primates, et d'expliquer, par le jeu du hasard, que ces débris aient les mêmes caractères physiques, se rapportent à des êtres de même taille, et appartiennent à des parties du squelette qui se complètent ». L'improbabilité augmente encore quand on songe que la canine, si elle n'est pas un fragment isolé d'un troisième Primate (ce qui serait déjà un nouveau hasard bien extraordinaire), prouve que le Singe était représenté à Piltdown non par une mâchoire inférieure seulement, mais par tout un morceau de la face, c'est-à-dire, vrai semblablement, par un crâne : deux crânes ensemble, c'est vraiment beaucoup.

Enfin, l'invraisemblance atteint son comble après la découverte de 1915. Si vraiment, ce que je ne saurais garantir, la molaire isolée trouvée par M. Dawson est identique à celles du maxillaire de Piltdown, il faut supposer l'association fortuite Homme-Singe renouvelée deux fois de suite, à deux milles de distance. Un pareil hasard est presque inadmissible, surtout, je le répète, pour les auteurs de la découverte qui, ayant *vu* le rapprochement des objets *in situ*, ont senti, dans toute sa force, la probabilité de leur connexion organique.

Pour ceux-là, l'invraisemblance *topographique* d'une dualité originelle des ossements fait céder toutes les difficultés d'ordre *ostéologique*. Voilà en partie pourquoi, je pense, M. Woodward

a toujours soutenu, et soutient encore, l'unité de l'Eoanthropus Dawsoni.

Par un phénomène psychologique exactement inverse, les savants étrangers, que n'impressionnent pas autant les circonstances extérieures de la découverte, se montrèrent beaucoup plus sensibles à la dysharmonie intrinsèque de l'Eoanthropus qu'à l'étonnant rapprochement de ses restes.

Dès la première communication de MM. Dawson et Woodward, le Prof. Waterston avait observé que la fosse glénoïde, typiquement humaine, du temporal de Piltdown n'est pas faite pour s'adapter à une mâchoire de Chimpanzé.

A Paris, puis bientôt à New-York, cette appréciation ne tarda pas à prévaloir. M. Boule et l'anthropologiste G. S. Miller (1) déclarent ouvertement aujourd'hui qu'il faut diviser l'Eoanthropus Dawsoni en Homo Piltdownensis et Troglodytes (ou Pan) Dawsoni.

A leur avis, il y a, dans l'Eoanthropus, deux êtres mélangés. L'invraisemblance morphologique qu'il y aurait à réunir le crâne et la mandibule de Piltdown les fait passer, presque sans hésitation, sur l'invraisemblance topographique de leur association au même point des graviers.

Il est curieux de noter que, pour décider entre les deux partis en présence, il a failli y avoir un moyen direct et radical. Puisque, sur le temporal, la fosse glénoïde existe, en parfait état, il eût suffi, *si le maxillaire avait conservé son condyle,* d'essayer l'articulation : on aurait vu, sans hésitation possible, si l'une et l'autre se convenaient.

Comme par exprès, le condyle s'est trouvé manquer !

En attendant que de nouveaux documents permettent de reprendre une discussion qui paraît en ce moment épuisée, à quel parti se fixer dans la question de l'Homme de Piltdown? Ici intervient une question de méthode paléontologique, ou même de simple bon sens. Sans doute, il serait puéril de nier à priori la possibilité d'une combinaison organique quelconque. La nature qui a mis des plumes sur un corps de lézard et des graines sur des feuilles de fougère a parfaitement pu associer « un condyle et une fosse glénoïde d'Homme à une mâchoire de Singe », « d'autant plus facilement que, mécaniquement et physiologiquement, cette association ne paraît pas absurde » (Boule, *loc. cit.*, p. 62.)

(1) Miller G. S., *The Piltdown jaw*, (American Journal of physical anthropology, vol. n° 1, 1918. pp. 25-52).

Ceci est vrai. Mais il est non moins vrai (et c'est l'idée de M. Boule) que pour admettre de semblables combinaisons de formes, il faut que nous y soyons *forcés*. Or, ce n'est pas le cas, ici. Provisoirement donc, pour ceux-là du moins qui ne peuvent travailler efficacement à défendre l'unité de l'Eoanthropus par des recherches et des observations précises, l'attitude raisonnable est de faire primer la vraisemblance morphologique intrinsèque sur la vraisemblance extrinsèque des conditions de gisement.

Sans oublier la possibilité, ou même une certaine probabilité, de l'hypothèse contraire, nous devons raisonner *jusqu'à nouvel ordre* comme si le crâne de Piltdown et la mandibule appartenaient à deux sujets différents.

Dans cette hypothèse minimiste, mais très sûre, que reste-t-il des découvertes de Piltdown ?

Deux faits qui sont importants. D'abord au Pleistocène (ou du moins au Pliocène, si la mandibule est un fossile remanié) nous voyons qu'il y avait des Chimpanzés en Europe occidentale ; pour les Paléontologistes, c'est une constatation inattendue et intéressante. Mais surtout il est désormais prouvé qu'à cette même époque il existait, déjà constituée dans notre ligne humaine actuelle, une race d'Hommes, très différents de ceux qui devaient être l'Homme de Néanderthal, et très différents aussi probablement de ceux qui étaient alors l'Homme de Mauer. Grâce à la découverte de M. Dawson, la race humaine nous apparaît encore plus distinctement, dans ces temps reculés, comme formée de faisceaux fortement différenciés et déjà éloignés de leur point de divergence. Pour quiconque a une idée des réalités paléontologiques, cette lueur, si ténue qu'elle paraisse, éclaire de bien grandes profondeurs.

Une conclusion, d'un tout autre ordre, peut être avantageusement tirée de l'histoire de l'Homme de Piltdown. Certaines gens regardent encore l'Anthropologie comme un domaine où il est loisible à chacun de dire ce qu'il veut, pourvu que soient illustrées les idées d'un certain transformisme en cours. La critique serrée qui a accueilli l'Eoanthropus Dawsoni sera, j'espère, pour ces esprits soupçonneux, une preuve que la Paléontologie humaine est aujourd'hui une véritable science, où s'exerce un contrôle immédiat et sans merci. Si donc, sur un certain nombre de points, les Paléontologistes se déclarent actuellement d'accord, c'est, on doit en être sûr, qu'ils se jugent loyalement et invinciblement en face de la vérité.

P. Teilhard de Chardin.

III

L'organisation scientifique du travail en Agriculture

UNE EXPÉRIENCE FAITE, UN ESSAI A TENTER

Les principes d'organisation scientifique du travail ne sont pas nouveaux et ont déjà reçu de nombreuses applications dans l'industrie.

En agriculture cependant, à notre connaissance, ces méthodes modernes d'organisation n'ont guère été appliquées, si ce n'est à une exploitation de culture de canne à sucre, aux îles Philippines.

C'est ce qui rend d'autant plus intéressante la tentative qu'ont faite en 1917 des officiers de l'armée belge pour appliquer ces principes, dans la mesure des moyens dont ils disposaient, à la culture des pommes de terre et des légumes.

Comme le but pratique d'une organisation bien comprise du travail est de rendre celui-ci plus productif et plus rémunérateur pour une même dépense d'énergie, sinon pour une dépense moindre, on saisit le grand intérêt que présente par ces temps de crise l'éventualité de réaliser dans le domaine de l'agriculture les transformations efficaces obtenues dans celui de l'industrie.

Dans cet ordre d'idées, l'essai fait en France au potager militaire de Criel-sur-Mer (département de la Seine-inférieure), au centre d'instruction des mitrailleurs belges, a donné d'encourageants résultats, malgré sa trop courte durée et en dépit de son caractère rudimentaire.

En voici l'origine.

Au début de 1917, Monsieur de Broqueville, alors Ministre de la guerre, s'était inquiété des difficultés du ravitaillement, en légumes frais et en pommes de terre, des troupes campées en France. Il avait donc prescrit aux centres d'instruction de créer des jardins potagers et de mettre en culture les terrains vacants au voisinage des camps.

Déjà existait à Criel un potager créé de toutes pièces par l'initiative du centre de remonte des mitrailleurs que commandait le lieutenant Schmit. Ce potager avait donné des résultats extrê-

mement intéressants et avait permis de réaliser une économie de près de 4000 francs pour la nourriture des hommes du camp.

Le problème qui se posait était d'étendre à de plus vastes surfaces l'effort amorcé dans cet embryon de culture. Il fallait pour cela trouver des terrains, des outils, des travailleurs, des chevaux, de l'argent. Le temps lui-même faisait défaut, car on était arrivé à la fin de février. Il fallait donc se mettre à l'œuvre immédiatement.

Comme terrains, on disposait des plaines incultes où avaient été installés les polygones de tir à longue distance. Un propriétaire de la région offrit quelques parcelles abandonnées ; au total on eut ainsi 52 hectares.

Les instruments furent empruntés aux cultivateurs des environs ; ils étaient variés, fortement usagés, partiellement hors de service.

Les travailleurs et les chevaux furent pris dans le centre de remonte. Les hommes étaient de toutes professions ; les chevaux n'étaient pas dressés à l'attelage.

Restait la question importante de la première mise de fonds. En attendant une avance du département de la guerre, des ressources immédiates furent obtenues en exploitant le jardin du cantonnement, transformé en pépinière de plantes potagères.

On comprendra par ces détails de quelles difficultés furent semés les débuts.

Et cependant, quinze jours après l'arrivée des ordres du Ministre, une charrue simple ouvrait le premier sillon. Trois semaines plus tard, les 42 hectares des polygones étaient plantés de pommes de terre et les 10 hectares du plateau d'Yauville transformés en un potager monstre, percé d'avenues comme un parc et dont l'aspect allait émerveiller les passants et attirer les curieux.

Toutes ces cultures avaient été créées dans des terrains en friche, infestés de chiendent, semés de cailloux et très peu estimés de la population indigène, qui prédisait d'ailleurs l'échec complet de l'entreprise.

Malgré ces conditions défavorables, la récolte fut des plus satisfaisantes. Elle s'éleva à plus de 600 000 kilos de pommes de terre, soit une moyenne de 15 000 kilos par hectare et environ 100 000 kilos de légumes de toute espèce : choux blancs, choux verts, choux de Bruxelles, radis, laitues, oseille, épinards, oignons, carottes et navets.

Le bilan se clôtura par un excédent de 36 482 francs. Le salaire des travailleurs était, signalons-le, de 10 centimes par

heure ; par contre la production était cédée au département de la guerre au prix uniforme de 10 centimes le kilogramme.

L'entreprise ne fut pas une formule complète et définitive d'organisation scientifique du travail agricole ; par le fait des circonstances elle resta fort imparfaite et présenta bien des lacunes. Toutefois, telle qu'elle a été réalisée, elle mérite de retenir l'attention.

On débutait en mars, les études préparatoires manquaient, la saison était avancée ; il fallait improviser et agir vite. De plus, les efforts faits en vue d'organiser rationnellement le travail rencontrèrent les difficultés inhérentes à toute innovation. Parce qu'ils sortaient de la tradition et, disons le mot, de la routine, ils furent considérés par la majorité comme des aberrations, et la liberté d'action du directeur fut, de par ce fait, souvent contrariée. Enfin, l'essai ne put être prolongé suffisamment, car après dix mois d'activité on dut l'interrompre. Néanmoins, si court qu'il ait été, il a démontré aux esprits soucieux de progrès que ses principes étaient des germes féconds et non des formules stériles.

Le premier organisme créé fut le bureau de direction. Il comprenait, outre le lieutenant Schmit, qui dirigeait toute l'entreprise, un dessinateur, un comptable, un dactylographe et deux contremaîtres.

Le dessinateur, architecte de profession, fut aussitôt chargé de procéder au lever des terrains et d'en dresser les plans, que l'on établit en trois exemplaires. Le premier indiquait les parties ensemencées et la nature des ensemencements. Le deuxième, les parcelles où les plantes apparaissaient et dans quelles conditions elles s'annonçaient. Le troisième, enfin, montrait les phases successives de la récolte. Ces plans ornaient la salle de réunion et permettaient de saisir d'un coup d'œil l'état de l'exploitation. Outre ces travaux, le dessinateur établissait des croquis journaliers de tâche.

Le travail effectif commença par la mise en train de la grande culture. D'après l'estimation faite par les habitants de la région et par le contremaître, la préparation du sol demandait 23 jours au minimum. Cette donnée fut vérifiée comme suit :

On plaça sur le terrain, de 100 mètres en 100 mètres, des piquets blanchis, qui furent plantés à partir de cinq mètres de l'origine du sillon. On avait remarqué, en effet, que les chevaux n'étaient en pleine action qu'après trois foulées, c'est-à-dire après cinq mètres. Il fut dès lors facile de chronométrer le temps nécessaire au tracé hectométrique du sillon.

Ces chronométrages, examinés au bureau de direction, montrèrent que les évaluations des cultivateurs étaient sensiblement exactes, et aussi qu'il était impossible d'achever le labour entier dans les délais fixés par la saison. Il fallait donc, ou réduire la surface à exploiter, ou gagner du temps en perfectionnant les procédés. Ce fut la seconde alternative que l'on adopta.

Un nouvel examen des chronométrages permit de relever de nombreuses pertes de temps. Elles provenaient du fonctionnement défectueux des instruments, de leur mauvais état d'entretien, de leur variété, de la composition des attelages, du genre de harnais, de la fatigue des conducteurs et des chevaux. Les instruments étaient vieux ; le directeur organisa de petites réparations sur place ; il fixa la manière dont ils seraient mis au point par les contremaîtres et entretenus par les ouvriers.

Les attelages furent composés de façon à donner un rendement uniforme. Contrairement aux idées courantes, on pratiqua la traction à la bricole, qui se montra supérieure à la traction au collier. Les tournants et passages difficiles furent confiés à des ouvriers habiles. On aboutit ainsi à déterminer exactement le temps nécessaire à chaque genre de travail.

Dès lors, l'organisation et l'harmonisation furent aisées et on put voir travailler simultanément six charrues à trois chevaux, quatre herses, deux scarificateurs et deux râteaux.

Les observations indiquèrent également quelle devait être la division de la journée. Outre le repos de midi, on suspendait le travail pendant quinze minutes, toutes les deux heures. Les travailleurs s'étendaient à l'ombre d'une tente spécialement montée pour eux, et les chevaux, abreuvés, étaient mis en liberté dans un enclos de fortune.

Malgré les tâtonnements inévitables, grâce à ce système, le travail de labour fut terminé en 17 jours, soit un gain de 26 % sur le temps primitivement envisagé.

On passa ensuite à l'épandage de l'engrais chimique. Le fournisseur conseillait de le semer dans le sillon et de le recouvrir d'une mince couche de terre avant de placer la semence.

Le premier jour, les procédés courants furent employés et le rendement évalué. Deux semeurs, portant l'engrais dans un tablier, le déposaient par poignée dans le sillon ; deux bineurs les suivaient et amenaient la couverture de terre. L'équipe atteignit difficilement la tâche d'un demi-hectare qui lui avait été imposée.

L'observation démontra qu'il fallait d'abord améliorer les conditions de travail du semeur. Au lieu du tablier fatigant et

gênant, on essaya un sac porté sur le dos et terminé par un petit entonnoir de section de sortie calculée. Le résultat ne fut pas satisfaisant. On reprit le récipient porté dans les bras ; toutefois, au lieu du tablier, on choisit un seau spécial pourvu d'une bretelle. Le travail se fit alors dans de bonnes conditions et le nombre des semeurs put être réduit de moitié. Le binage fit l'objet d'une étude détaillée analogue qui conduisit à remplacer la binette usuelle par un râteau spécial.

La plantation des pommes de terre fut également perfectionnée : le sillon était ouvert et fermé par une charrue à un cheval. On avait donc à coordonner et harmoniser le travail des éléments suivants : charrue de tête, semeur d'engrais, bineur, planteur, charrue de queue. Les expériences faites sur l'unité hectométrique de sillon établirent que le planteur ne pouvait porter sans fatigue une quantité de plants supérieure à ce qu'il fallait pour 25 mètres de sillon. Un auxiliaire fut chargé, en conséquence, d'en établir des dépôts calculés tous les vingt-cinq mètres.

Cinq équipes purent alors opérer simultanément et terminer la plantation des 40 hectares en 17 jours. Le gain de main-d'œuvre avait été de 30 %.

L'aménagement et l'entretien du parc légumier furent faits par des procédés analogues. On lotit en parcelles régulières les 10 hectares dont il se composait et on les sépara par de larges avenues carrossables.

Le terrain, situé sur les pentes douces d'un plateau crayeux, était très caillouteux. Il avait fort mauvaise réputation ; mais les ouvriers, à qui on n'avait pas caché la difficulté, se firent un point d'honneur de venir à bout de cette entreprise pénible. Détailler ici tout ce qui fut fait serait trop long et je m'en tiendrai à quelques observations typiques relatives à la plantation, au sarclage et au binage.

Pour planter les poireaux, on employa d'abord une bêche, puis une fourche à deux dents, calculée pour fournir des trous d'un diamètre, d'un espacement et d'une profondeur fixés. Une fourche à quatre dents, essayée ensuite, se montra de rendement supérieur à celle à deux dents. Cependant, les cailloux rendant le travail irrégulier et fatigant, on en revint à la bêche ordinaire que l'on modifia en vue de cette tâche spéciale. Cet outil servit alors à planter 500 000 poireaux et 300 000 céleris. Son emploi donna lieu à une économie finale de main-d'œuvre d'environ 60 %.

Tout en s'attachant plus spécialement à améliorer les conditions du travail manuel, l'exploitation ne négligeait pas d'utiliser les machines. L'ensemencement d'un hectare de carottes peut servir d'exemple caractéristique.

Un maraîcher de la région, fort compétent, mais très routinier, avait été consulté sur le prix du travail. Selon lui, semences et main-d'œuvre réunies, devaient coûter 500 francs. Dans la documentation du bureau de direction, on trouva une semeuse au prix de 100 francs et on en décida l'essai. L'appareil acheté fut étudié et mis au point par le chef de culture. Il donna d'excellents résultats et permit de faire une économie de 50 % sur la main-d'œuvre et de réduire dans une forte mesure la durée du travail. De plus, en distribuant régulièrement la semence, on s'épargna les sarclages ultérieurs de zones trop touffues et on économisa le quart de la semence, qui était fort chère.

Parmi les travaux du parc légumier, le sarclage occupait une place importante. Un ouvrier expert fut d'abord laissé libre d'agir comme il lui plaisait ; on observa qu'il modifiait souvent sa position à cause de la fatigue, ce qui occasionnait une perte de temps considérable. On chercha à imposer au travailleur certaines des positions (couché, à genoux, accroupi) que, laissé à lui-même, il avait gardées le plus longtemps. La fatigue fut rapide et excessive. On pensa alors à asseoir l'homme sur un petit escabeau qu'on modifia plusieurs fois. C'était parfait, sauf l'inconvénient du déplacement de l'escabeau à la main. On imagina alors de l'arrimer au corps de l'ouvrier par une courroie, ce qui fournit la solution idéale du problème, et ce dont tous les ouvriers se déclarèrent enchantés.

De nombreux binages devaient être faits. Or, le sol était très sec et il importait de ménager la couche superficielle. Les binettes du commerce risquant d'assécher trop profondément le terrain, on combina un instrument nouveau. Il coupait le pied des folles herbes à deux centimètres environ sous la surface du sol au moyen d'une lame horizontale et ne laissait d'autre trace que le sillon nécessaire au passage d'une lame verticale.

Un râteau nouveau fut de même étudié en détail. L'échenillage, l'arrosage, le repiquage furent également perfectionnés. On parvint à remettre en bonne condition des parcelles mal venues que les professionnels conseillaient d'abandonner.

Quand les dix hectares se trouvèrent en plein rendement, la disposition des lots, l'ordre des plantations, la variété des couleurs, la diversité des légumes donnaient au potager un aspect

unique, qui en fit un but d'excursion pour les cultivateurs des environs.

Les travaux du parc légumier occupèrent la main-d'œuvre disponible de la grande culture. Les jours de pluie furent employés au dressage du personnel, à la confection de liens pour botteler les légumes, de paniers pour les emballer. Mais, à partir de septembre, l'arrachage des pommes de terre, la récolte de l'avoine, le labour d'hiver, prirent tout le temps des ouvriers.

Telle avait été l'activité en 1917. Bien des projets étaient caressés pour l'année suivante : extension des cultures, essais de traction mécanique, analyse du travail journalier, etc... Mais, en janvier 1918, le lieutenant Schmit, qui était l'âme de toute cette entreprise, fut désigné pour rejoindre l'armée de campagne. Son successeur ne persévéra pas dans la voie tracée ; le bureau de direction, jugé encombrant et dispendieux, fut supprimé et huit mois plus tard l'exploitation prenait fin.

L'essai avait donc duré peu. Il avait été très imparfait, en grande partie improvisé. Il n'avait pas été précédé d'une étude approfondie de la question, comme il l'eût fallu. Bien des points avaient simplement été effleurés, sans pouvoir être examinés à fond; beaucoup d'autres avaient forcément été négligés. Bref, l'essai n'avait pas présenté cette sûreté, ce fini de la méthode, qui caractérisent une organisation réellement scientifique du travail.

Et pourtant, malgré sa rusticité, il a donné un résultat appréciable. Il a montré comment la science peut remplacer l'empirisme, qui règne encore trop en maître dans l'agriculture. Il a planté un jalon dans une direction nouvelle, il a amorcé peut-être une évolution.

Il a permis de constater pratiquement comment, par l'emploi réfléchi des outils existants, sans bouleverser les habitudes, ni faire usage d'un matériel coûteux et compliqué, une direction intelligente et méthodique peut procurer des économies importantes de temps, de main-d'œuvre et de matières premières dans les travaux agricoles. Ce résultat a été atteint simplement par la recherche des meilleurs procédés de travail, le souci d'harmoniser des méthodes courantes ou peu modifiées et, enfin, la coopération intime de l'ouvrier avec son chef.

Mais, à côté d'économies immédiates à réaliser dans le ravitaillement des armées, on avait encore en vue à Criel d'autres buts, plus importants au point de vue social. On voulait perfectionner techniquement l'agriculteur, relever sa condition, développer en lui la volonté de produire et, en l'amenant progres-

sivement à augmenter le rendement de son travail, l'attacher davantage à la terre.

Nos travailleurs agricoles belges jouissent d'une réputation méritée d'habileté et d'activité ; mais, s'ils l'emportent sur les agriculteurs étrangers, c'est surtout par leur plus grande assiduité au travail. Le rendement de l'ouvrier agricole n'a à sa base qu'un labeur lent et tenace qui supplée au manque d'organisation scientifique. Le grand outillage s'est perfectionné, mais les méthodes de travail restent nettement imprégnées d'empirisme. En général, le patron s'inquiète fort peu de savoir si son ouvrier emploie le meilleur moyen d'exécuter la tâche qu'il lui confie. Le plus souvent il lui trace celle-ci dans ses lignes essentielles et il laisse à l'inspiration de l'homme le soin des détails et le choix des solutions. Le souci d'agencement, s'il existe, est partiel, informe, accidentel.

Or, si toute opération manuelle est exécutable de diverses façons, une seule présente des avantages maximum. Ce meilleur procédé peut avoir été découvert par l'expérience personnelle de tel ou tel ouvrier, mais, dans ce cas, il reste l'apanage de quelques privilégiés isolés et ne vient pas à la connaissance de tous les travailleurs agricoles. Le plus souvent, le meilleur procédé demeure simplement inconnu ; il ne peut être que le fruit d'une recherche scientifique attentive, d'une étude de combinaison des mouvements. Ce n'est pas de l'ouvrier, absorbé ou accablé par son travail, qu'il faut attendre cet effort de combinaison, de coordination. Au patron ou à ses auxiliaires de faire ce travail d'analyse et de synthèse.

Voici, à titre d'exemple, comment, d'après Taylor, il faut procéder et comment l'on procéda à Criel.

« Il faut : 1) Réunir 10 ou 15 hommes d'origine et de mentalité différentes, familiers avec le travail à analyser.

» 2) Étudier la série exacte de leurs opérations et les décomposer en chacun de leurs mouvements partiels, si élémentaires et si simples soient-ils.

» 3) Déterminer le temps de chacun de leurs mouvements élémentaires et choisir le procédé permettant d'aller le plus vite.

» 4) Éliminer les mouvements lents et inutiles.

» 5) Coordonner la série des mouvements les plus rapides et les plus efficaces.

» La nouvelle méthode ainsi constituée se substitue aux autres méthodes antérieurement en usage et devient le procédé-type qui est enseigné d'abord aux instructeurs, puis par ceux-ci

aux ouvriers. Elle est suivie jusqu'à ce qu'une nouvelle suite de mouvements, reconnue plus avantageuse, vienne la supplanter.

« On étudie de même chaque type d'outil. Ils présentent tous des caractéristiques, empiriquement établies, mais fondées sur des expériences antérieures. Après examen et comparaison du rendement des divers types, la méthode scientifique cherche à grouper dans un seul outil les qualités de plusieurs d'entre eux. De même que la méthode de travail adoptée aura groupé, condensé plusieurs procédés antérieurement utilisés, ainsi l'outil-type réunira le fruit d'expérience des outils dont il procède. »

De semblables études des mouvements et de l'outillage ne constituent pas l'unique effort du patron agricole. Il lui incombe encore de sélectionner convenablement les ouvriers, de leur distribuer le travail et de le leur préparer. Il est donc indispensable que le patron connaisse ses ouvriers, avec leurs qualités et avec leurs défauts, qu'il sache répartir suivant leurs capacités les différentes besognes. Il ne sert à rien, en effet, de gagner du temps sur le travail des sujets pris individuellement ou par catégories, si, dans l'ensemble, les efforts manquent de coordination.

C'est à cette coopération intime que doivent aboutir, en définitive, le perfectionnement technique du travailleur et le talent d'organisation du patron.

Dans quelle mesure la situation actuelle de la Belgique permettrait-elle de mettre en pratique l'organisation scientifique du travail agricole ? Il ne peut être question d'imaginer, pour l'ensemble du pays, une organisation-type et de l'imposer aux cultivateurs. Une telle solution heurterait les habitudes acquises et troublerait profondément le régime du travail. De plus, la grande diversité des régions y mettrait obstacle.

Il importe, au contraire, de tenir compte du caractère des agriculteurs ainsi que de leurs coutumes et de les amener graduellement à modifier leurs méthodes au profit de procédés meilleurs. A cet effet, rien n'est plus propre à les faire réfléchir que de leur démontrer de façon permanente que, pour un même sol, une même exploitation, telle ou telle modification dans l'organisation du travail, en apparence sans importance, augmente considérablement le rendement. Il faudrait reprendre, en plein territoire parfilé, la démonstration esquissée à Criel. Il faudrait créer des fermes-modèles, laboratoires d'organisation à la disposition de tous les exploitants, grands et petits. L'action

de ces fermes se faisant par rayonnement, on les multiplierait dans l'intérieur du pays suivant l'aire d'influence de la première exploitation organisée.

Pour celle-ci, l'intervention de l'État paraît nécessaire ; mais on peut prévoir, par la suite, la création de fermes-modèles par des associations privées. La contribution de l'État dans ces organisations ultérieures irait alors en diminuant jusqu'à se restreindre à l'intervention par voie de conseils ou d'encouragements.

La ferme-modèle serait :

1) Un organisme chargé de rechercher et de soumettre à l'expérience les perfectionnements dont sont susceptibles les méthodes et l'organisation du travail.

2) Un foyer d'instruction, un centre de formation pour les agriculteurs.

3) Un facteur de coordination et d'harmonisation de la production d'une région ainsi que de l'écoulement de la production.

4) Un organe de répartition et d'utilisation de la main-d'œuvre disponible pendant certaines périodes de l'année.

La ferme-modèle jouerait en quelque sorte, pour le secteur où elle ferait sentir son influence, le rôle qu'avait à Criel, pour l'exploitation, le bureau de direction. Seulement, elle se contenterait d'agir indirectement sur les agriculteurs en leur montrant l'exemple et en leur donnant des conseils, sans contraindre personne.

La destruction de la région des Flandres où les armées ont combattu pendant quatre années fournit l'occasion immédiate de l'application de ce système.

Le sol doit être débarrassé de milliers de projectiles ; la couche arable a disparu ; le travail nécessaire pour la remise en état de culture du sol est énorme.

Les initiatives privées sur lesquelles on avait tablé au début ont été rebutées par l'ampleur de la tâche à accomplir. Après une inspection minutieuse du terrain, un très grand nombre de fermiers sont repartis sans esprit de retour, parce qu'ils considéraient leur exploitation comme irréconstituable. On ne s'en étonnera pas, si l'on se représente qu'il s'agit de combler les entonnoirs d'obus, ce qui exige un remaniement moyen de 900 mètres cubes de terre par hectare, et de séjourner dans une région à peu près déserte dépourvue de tout, dans des conditions d'hygiène très compromises par la présence d'innombrables flaques d'eau contaminée.

La mise en valeur du sol restauré rencontrera des difficultés spéciales qu'il importe, dans la mesure du possible, d'éviter à l'exploitant. Citons, à titre d'exemple, ce qui se présente avec les trous d'obus. Si l'on s'est simplement contenté de les remplir avec des terres ramassées aux environs, on constate, au bout de très peu de temps, que les cuvettes ainsi comblées sont envahies par une végétation sauvage, caractéristique des terres acides. Il est facile d'en saisir la raison. Lors de son explosion, l'obus a produit non seulement la projection au loin des terres superficielles, mais encore une compression locale du sol. Le fond de l'entonnoir est donc formé de parois damées et par suite peu perméables. Les eaux pluviales se sont accumulées dans ces trous et y ont déposé l'argile qu'elles tenaient en suspension. De là un colmatage qui est venu accentuer l'imperméabilité du fond de l'entonnoir. Si le comblement se fait sans précautions préalables, la surface restaurée ne présentera donc nullement les qualités du sol ancien.

C'est ce que les agriculteurs ont déjà pu constater dans divers terrains remis en culture à la hâte. Le mal peut être facilement combattu, mais au prix de travaux considérables.

L'intervention de l'État a donc été reconnue indispensable. Sur les 30 000 hectares de terres dévastées entre Dixmude et la frontière française, 11 000 vont être remis en état et offerts aux cultivateurs, qui trouveront là 2000 métairies de 5 hectares et 2000 habitations ouvrières avec terrain de 50 ares.

L'effort est considérable ; il n'est toutefois pas suffisant. D'abord, il est indispensable à la sécurité et à la santé des populations riveraines que les quelque 20 000 hectares restés en marge de ce travail soient également assainis, remis en état et repeuplés. Et peut-être, puisque les conditions d'exploitation y sont plus difficiles qu'ailleurs, y aurait-il lieu d'y faire précisément un essai de grande culture pourvu de moyens puissants ?

Dans ces vastes régions rendues à la culture, l'on pourrait organiser des fermes-modèles, au programme défini plus haut. Elles populariseraient l'organisation méthodique du travail agricole et rechercheraient expérimentalement les moyens de la perfectionner toujours davantage.

Maurice Demanet,
Ingénieur Civil.

IV

Les Annuaires du Bureau des Longitudes de 1915 à 1919

Pendant le long isolement dans lequel nous a tenus l'occupation ennemie, les publications périodiques à dépouiller se sont accumulées. Voici les *Annuaires* du Bureau des Longitudes de 1915 à 1919 (1). On connaît l'intérêt que présentent généralement les Notices scientifiques qu'écrivent pour leurs Annuaires les membres de cette institution savante : chacune est un résumé très substantiel des questions les plus importantes, les plus à l'ordre du jour dans différents domaines. Résumer brièvement les Notices des cinq derniers volumes, c'est donc faire une manière de Bulletin scientifique dont les chapitres auraient été désignés par les hommes plus compétents.

1915. — G. Bigourdan. — *Les méthodes d'examen des miroirs et des objectifs* (173 p.). — Écrites pour le grand public, les Notices de l'Annuaire du Bureau des Longitudes ne peuvent le

(1) Annuaire pour l'an 1915 publié par le Bureau des Longitudes ; pour l'an 1916 — ; — pour l'an 1917 — ; — pour l'an 1918 — ; — pour l'an 1919 —. Paris, Gauthier-Villars.

On sait que, depuis 1904, les volumes des années impaires renferment les tableaux détaillés relatifs à la Géographie, à la Statistique, à la Météorologie, tandis que les volumes des années paires contiennent les renseignements relatifs à la Physique et à la Chimie. Nous signalons ici les principales modifications apportées à la partie générale, à partir de chacun des Annuaires.

1915. — Une note de M. Bigourdan sur *les constellations* (37 p.), accompagnée de deux cartes célestes (cinq à partir de 1917), et un tableau des coordonnées des principales étoiles. — Une note de M. Renaud sur *la profondeur des mers* (8 p.).

1917. — Une note de M. Bigourdan sur *les étoiles doubles et multiples*, avec un catalogue des principaux couples (30 p.). — Une note de M. Renaud sur *les mesures employées sur les cartes marines* (4 p.).

1918. — Un article de M. Bigourdan sur *les cadrans solaires* (45 p.), dont la seconde partie paraîtra dans l'un des prochains volumes. — Une note de M. Picard sur *l'état gazeux parfait et la constante caractéristique R* (4 p.). — Une note de M. Hamy sur *l'expression des forces naturelles connues jouant un rôle dans l'évolution de l'Univers* (3 p.).

1919. — L'avertissement signale quelques modifications de détail apportées aux dispositions adoptées en 1904 pour la répartition des matières entre les volumes des années paires et impaires.

plus souvent que parcourir rapidement le domaine scientifique qu'elles se sont proposé de faire connaître. La notice de M. Bigourdan fait davantage : c'est tout un ouvrage, immédiatement applicable à la vérification des systèmes optiques, et nous ne pensons pas qu'il y en ait, sur cette importante question, d'aussi clair, d'aussi précis et d'aussi complet.

L'examen d'un miroir astronomique a pour objet la vérification de son aplanétisme, et, s'il est en défaut, la mesure de l'aberration sphérique et zonale, de l'astigmatisme. L'examen d'un objectif a pour objet, de plus, la vérification de son achromatisme, et, s'il est défectueux, la mesure de son aberration chromatique.

Dans l'examen d'un miroir concave, la méthode du microscope oculaire explore le petit espace où viennent se recouper des rayons lumineux réfléchis ; elle reconnaît, dans le plan focal, la tache et les anneaux de diffraction, bien circulaires, si le miroir est de révolution, communs à des figures lumineuses bien symétriques de part et d'autre de ce plan, si le miroir est parfaitement aplanétique. — La méthode du réseau compare, à son image, un réticule quadrillé. — La méthode de l'écran, en empêchant l'arrivée d'une partie des rayons réfléchis à l'œil placé près du foyer, donne au miroir un aspect qui révèle de combien il s'éloigne, dans chacune de ses parties, de la surface aplanétique correspondante. Cette exploration par zones se fait avantageusement au moyen de diaphragmes découpés ou perforés. — Une fois les régions non aplanétiques découvertes, on les corrige par le procédé des retouches locales, dû à Foucault : on sait que c'est par une application méthodique de ce procédé que Foucault transformait un miroir sphérique en un miroir parabolique.

L'examen des surfaces planes se fait par observation de l'image que forme au foyer d'une lunette, dont les qualités sont connues, un faisceau reçu dans la lunette après réflexion sur le miroir proposé. D'autre part, si on possède une surface plane type, l'étude d'un miroir plan se fait aisément par la recherche des franges d'interférence qui s'apercevraient autour des points de contact des deux surfaces, si la surface examinée n'était pas parfaitement plane. C'est aussi cette recherche des franges qu'on devrait appliquer à l'examen d'une surface convexe dont il faudrait, onéreusement, avoir construit un modèle irréprochable.

Dans le montage d'un miroir en télescope, on évitera toute flexion sensible du miroir, en lui donnant une épaisseur suffisante

et on écartera, pendant l'observation, toute cause d'inégalité dans la distribution de la température : d'intéressantes figures montrent comment les images souffrent des déformations permanentes ou thermiques du miroir.

La matière des objectifs doit être bien homogène, ne pas présenter ces zones inégalement réfrangibles auxquelles les gens de métier donnent le nom de *fils*. La compression, la trempe engendreraient de la biréfringence. Celle-ci, généralement trop faible pour créer deux rayons réfractés suffisamment distincts, se décèle par la coloration qu'elle donne à la lumière polarisée. — Il faut encore s'assurer d'un achromatisme satisfaisant ; cette recherche est particulièrement délicate, car il faut séparer l'aberration chromatique cherchée de celle de l'œil et de celle du verre dont l'œil est armé pendant cet examen. Le lecteur prendra plaisir à parcourir ce qui se rapporte au calcul des cercles d'aberration des différentes couleurs et à la représentation graphique correspondante. — Le recours à la photographie, par l'obtention des *focogrammes*, est, dans l'étude des objectifs, extrêmement avantageux : voici, par exemple, un focogramme en chacun des points duquel on mesure l'excès ou le déficit de la focale au point homologue de l'objectif, par rapport à sa valeur théorique. — Enfin des précautions spéciales s'imposent dans le montage des objectifs : le système de lentilles ne doit pas être serré dans son plan et un jeu suffisant doit permettre les différences de dilatation du verre des lentilles et du métal du barillet, tandis qu'un fort ressort, prenant appui sur le barillet, empêche tout mouvement latéral ; des précautions plus minutieuses encore rendront impossibles les pressions et les flexions normales au plan de l'objectif ; et la vérification du centrage, après avoir porté, au laboratoire, sur les verres du système objectif, portera, au montage, sur le système formé par l'objectif et l'oculaire.

Les lunettes, et particulièrement les petits instruments, se prêtent à un examen rapide de l'ensemble de leurs qualités. La résultante de celles-ci s'exprime par le *pouvoir séparateur :* c'est l'inverse de la mesure, avec le radian pour unité, de la distance angulaire minimum de deux points dont la lunette donne encore une vision distincte ; ainsi, l'œil normal qui sépare deux points dont la distance angulaire est au moins égale à une minute, a un pouvoir séparateur égal à 3000 environ. — Pour les grands objectifs, on cherche à séparer les étoiles doubles de plus en plus serrées. Pour les objectifs de faible ouverture, on fait ordinairement usage de mires portant des caractères typo-

graphiques de grandeur décroissante. Ces mires sont peu satisfaisantes, et M. Bigourdan a proposé l'emploi de mires portant des groupes de traits de plus en plus rapprochés, et séparés par des intervalles égaux à leur largeur. On admirera, dans chacun de ses détails, le soin minutieux avec lequel ce projet a été étudié.

1916. — G. Bigourdan. — *La pression barométrique moyenne et le régime des vents en France* (89 p.). — En tout point terrestre, la température de l'air présente une variation diurne et une variation annuelle. L'amplitude de la variation diurne dépend de l'époque de l'année. Pour l'ensemble du globe, l'amplitude de la variation annuelle dépend de la latitude et de la distribution des continents dans le voisinage de la station. C'est ce que divers diagrammes font voir clairement. Également intéressant serait sans doute un planisphère portant des courbes lieux d'égale amplitude de la variation annuelle de la température : on y verrait les cotes de ces courbes augmenter de l'équateur aux pôles, et les continents attirer les courbes de cote élevée, repousser vers l'équateur les courbes de faible cote.

La distribution des températures provoque les mouvements de l'atmosphère; au niveau du sol l'air afflue des pôles vers l'équateur ; la rotation de la Terre incline ces courants sur les méridiens : ce sont les vents alizés.

La pression atmosphérique subit une variation diurne dont l'allure dépend de la latitude. Des diagrammes des pressions en chaque station se déduit la pression moyenne pour une période déterminée, un mois, par exemple. Les isobares de cette période sont les lieux d'égale pression moyenne pour cette période. Nous trouvons dans la Notice les cartes françaises des isobares mensuelles.

Le régime des vents est d'une étude plus délicate : la définition du vent moyen n'est pas très satisfaisante. La distribution géographique de ce vecteur pour chacune des saisons est cependant instructive. La défalcation du vent moyen annuel laisse la composante saisonnière : celle-ci est caractéristique en été, où elle est dirigée nettement de la mer vers la Terre, et en hiver, où elle est retournée bout pour bout : c'est un mousson.

Cette intéressante notice étudie ensuite les perturbations atmosphériques, cyclones et anticyclones, et se termine par la description des vents locaux de France : le *marin*, vent chaud et humide qui souffle du Sud-Est dans le midi, de Montpellier à

Perpignan ; l'*autan*, de même direction, parfois très violent, chaud et sec, dans le Sud-Ouest ; le *mistral*, fléau de la Provence, qui souffle du Nord-Ouest, et dont la cause paraît être, non, comme on l'a cru, la profondeur et l'orientation de la Vallée du Rhône, mais une aire anticyclonique située à l'Ouest de la Provence.

1916. — E. Picard. — *Notice sur le Commandant Guyou* (23 p.). — Émile Guyou naquit à Fontainebleau en 1843 et mourut à Lannion en 1915. Admis à l'École Navale en 1860, il fut nommé lieutenant de vaisseau pendant la guerre de 1870 et prit part aux opérations de l'armée de la Loire.

Après un long séjour en Cochinchine et une campagne hydrographique en Tunisie, il fut chargé, en 1880, de l'enseignement de l'Architecture navale, puis de l'Astronomie et de la Navigation à bord du *Borda*. En 1885, à Paris, il fut mis à la tête du service des instruments nautiques, au ministère de la Marine. On doit à Guyou, membre de l'Académie des Sciences en 1894 et du Bureau des Longitudes en 1896, de nombreux travaux de Mécanique appliquée aux choses de la mer et d'Astronomie nautique : une théorie géométrique de la houle ; des recherches sur l'équilibre du flotteur dont les résultats sont classiques aujourd'hui ; un beau livre sur la théorie du navire ; des études originales et fécondes sur les applications navales du magnétisme ; une importante modification à la détermination du point par les courbes de hauteur ; de précieuses tables de navigation.

1917. — G. Bigourdan. — *Le Calendrier babylonien* (20 p.). — Dès l'origine, les occupations humaines furent réglées sur les saisons. Aussi la mesure de l'*année* fut-elle l'un des premiers objets de l'Astronomie. Pour les subdivisions de l'année, on utilisa d'abord, en Égypte, par exemple, la réapparition de certaines étoiles, leurs *levers héliaques*. Mais cette méthode est pleine d'inconvénients, et l'observation de la Lune donna de bonne heure naissance aux *mois*, tantôt de 29 jours, tantôt de 30. Or la durée de la lunaison n'est pas sous-multiple de la durée de l'année, et une grande partie de l'Astronomie ancienne est absorbée par la recherche de *cycles luni-solaires* renfermant à la fois un nombre entier de mois et d'années.

Cette notice étudie le calendrier luni-solaire des Babyloniens ; c'est ce que permettent de faire aujourd'hui d'innombrables documents, découverts sur les emplacements des anciennes cités

de la Mésopotamie, et qui remontent souvent à plus de quarante siècles avant notre ère.

Le mois babylonien paraît divisé en semaines de cinq jours, et commence à la première apparition du croissant lunaire. Dans les usages civils, le jour commence au coucher du Soleil, est divisé en douze heures doubles, chacune de 30 parties ; dans les ouvrages astronomiques, le jour commence à minuit et se divise en six parties, subdivisées chacune en 60 autres, et celles-ci de même.

L'année babylonienne fut d'abord de 360 jours, répartis en 12 mois égaux ; puis mieux connue, elle comprit 12 mois de 29 ou 30 jours avec, de temps en temps, un treizième mois intercalaire. L'intercalation de ce treizième mois fait apparaître un cycle luni-solaire de 19 ans.

Les Babyloniens distinguaient les années par les règnes de leurs rois. Mais Nabonassar (— 748, — 734) aurait détruit les documents astronomiques de ses prédécesseurs pour faire commencer à son règne une ère nouvelle : « Ptolémée a fait un grand usage de cette ère, car il y a ramené les observations qu'il rapporte : il a été ainsi amené à nous laisser la liste complète des successeurs de Nabonassar, en reliant leurs règnes à cette ère invariable ; le tableau qu'il a ainsi formé est un des plus précieux documents chronologiques de l'antiquité ».

1917. — J. Renaud. — *L'avance de l'heure légale pendant l'été de l'année 1916* (91 p.). — Par la loi du 14 mars 1891, l'heure temps moyen de Paris devint l'heure légale en France et en Algérie ; par la loi du 9 mars 1911, celle-ci fut définie l'heure temps moyen de Paris retardée de 9m 21s, c'est-à-dire, en fait, l'heure temps moyen de Greenwich ; c'était l'adoption du système des fuseaux horaires. Enfin, la loi du 9 juin 1916 a prescrit que l'heure légale serait avancée de 60 minutes, du 15 juin 1916 au 1er octobre suivant. Cette notice renferme « l'exposé des motifs qui ont amené à proposer cette réforme, les arguments présentés en sa faveur ou contre elle, à l'Académie des Sciences, au Bureau des Longitudes, à la Chambre de Commerce de Paris, etc. ; le résumé des débats qui ont précédé le vote du projet, l'énumération des précautions prises au moment de la promulgation de la loi en vue d'en éviter les inconvénients (marche des trains, heure à bord des navires, prédiction des marées, signaux horaires, etc.) ; enfin l'indication des mesures analogues prescrites à peu près à la même époque dans divers pays étrangers, — alliés, neutres ou ennemis ».

1917. — M. Hamy. — *La détermination du mètre en longueurs d'ondes lumineuses* (44 p.). — Sans parler de l'expérience « confuse et complètement illusoire » de Grimaldi, le premier phénomène d'interférence des rayons lumineux dûment constaté fut celui des anneaux de Newton. De ses célèbres expériences, Young déduisit le principe des interférences et les recherches de Fresnel sur ce sujet préparèrent le triomphe de la théorie ondulatoire de la lumière, aux dépens de la doctrine de l'émission. Fizeau appliqua les phénomènes d'interférence à la mesure des longueurs et en tira un procédé d'une extrême sensibilité, dont la précision est de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde de la lumière, ou du demi-millième de millimètre. Lorsqu'on fait varier l'écartement de deux surfaces voisines dans un système optique convenablement disposé, l'œil observe le passage de franges d'interférence dont le nombre est proportionnel à cette variation de distance. Pendant longtemps, les difficultés de ces mesures limitèrent leur emploi à l'évaluation d'épaisseurs ne dépassant pas le millimètre. Les perfectionnements apportés par Michelson aux interféromètres et un choix plus heureux des radiations lumineuses permirent à l'illustre physicien américain d'effectuer, en 1892, au Bureau des Poids et Mesures de Breteuil, la mesure du prototype international définissant le mètre, avec la longueur d'onde de chacune des radiations principales du cadmium comme unité. Dans l'air sec, à 15° du thermomètre à hydrogène, et sous une pression de 760 mm., le mètre vaut 1 553 164,02 longueurs d'onde de la radiation rouge du cadmium.

Fabry et Pérot ont, depuis les travaux de Michelson, découvert les franges de transmission des lames argentées et l'application de ce phénomène à la construction d'un interféromètre leur a fait trouver, en 1907, pour longueur du mètre, 1 553 164,13 longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium, dans les conditions physiques définies ci-dessus.

La longueur du mètre est ainsi définie au moyen d'une grandeur naturelle, et cette définition permettrait de le reconstituer, si quelque cataclysme détruisait le prototype international et les étalons qui le reproduisent. Elle survivrait à la théorie ondulatoire, si les progrès de la physique venaient à substituer à celle-ci quelque théorie nouvelle dans laquelle ce que nous appelons aujourd'hui longueur d'onde recevait une autre qualification.

1917. — J. Renaud. — *La vie et les travaux de l'ingénieur hydrographe en chef Philippe Hatt* (18 p.). — Philippe Hatt

naquit à Strasbourg en 1840 et mourut à Pau en 1915. A sa sortie de l'École Polytechnique, en 1861, il fut nommé dans le corps des Ingénieurs hydrographes, sous les ordres de Bouquet de la Grye. Après des missions en Égypte et en Algérie et une longue campagne en Cochinchine, il prit part à la révision des cartes de la côte sud de la France, au levé de plans en Égypte et à l'observation du passage de Vénus de 1874, à l'île Campbell. Ce furent ensuite des levés hydrographiques en France, l'observation, dans les Montagnes Rocheuses, du passage de Mercure de 1878, et, en Patagonie, du passage de Vénus de 1882 ; enfin, à partir de 1884, la reconnaissance des côtes de la Corse d'après des procédés géodésiques nouveaux. — Membre de l'Académie des Sciences en 1897 et du Bureau des Longitudes en 1912, Hatt a publié d'importants mémoires sur le cercle méridien portatif, le cercle azimutal, la détermination du point, les coordonnées topographiques, les marées, l'analyse harmonique.

1918. — G. Bigourdan. — *Le calendrier égyptien* (42 p.). — La Bible, l'ethnographie et les documents hiéroglyphiques sont d'accord pour attribuer aux Égyptiens une origine asiatique. Il leur fallut, pour régler le cours du Nil, un temps fort long qui paraît s'être terminé vers le trente-quatrième siècle avant notre ère. — Le calendrier primitif des Égyptiens était lunaire et devait comporter une année de 354 jours et des mois de 29 et 30 jours. Le retour des crues du Nil, qui réglaient toute la vie agricole de l'Égypte, rendit nécessaires des intercalations par lesquelles on passa peu à peu de l'année lunaire à l'année solaire. Celle-ci fut de douze mois de trente jours, complétés par cinq épagomènes et distribués en trois saisons : l'inondation, les semailles, la moisson. Le déficit d'un quart de jour environ déplaçait les fêtes du calendrier progressivement tout le long de l'année tropique, et les ramenait aux mêmes époques de celle-ci après une période d'à peu près $365 \times 4 = 1460$ ans : c'est la *période sothiaque* (de Sirius). Comment les Égyptiens connurent-ils cette période et d'où lui vint ce nom ? Vers le trentième siècle avant notre ère, l'intervalle de deux réapparitions consécutives de Sirius, de deux *levers héliaques* de cette étoile était exactement de 365,25 jours et chacun de ces levers coïncidait avec le commencement de la crue du Nil : la période sothiaque est donc celle après laquelle le lever héliaque de Sirius et la crue du Nil retrouvent la même date dans le calendrier : elle sépare les années dites d'*Apocatastase*, où l'année de

365 jours revient en coïncidence avec l'année de 365,25 jours : l'an 140 de notre ère fut une année d'apocatastase. C'est en 238 avant notre ère que fut décrétée l'année de 365 jours, avec intercalation d'un jour tous les quatre ans : elle se retrouve dans l'année julienne.

L'année égyptienne de 365 jours était divisée en 36 décades, définies par le lever héliaque de 36 étoiles, et ce nombre se retrouve dans celui des provinces de l'ancienne Égypte : la semaine de sept jours n'a jamais été employée dans le calendrier égyptien. — Le jour et la nuit se divisaient l'un et l'autre en douze heures, nécessairement de durée variable.

Comme les Babyloniens, les Égyptiens comptaient les années d'après les règnes de leurs rois. Les perturbations dynastiques provoquèrent ainsi une confusion chronologique telle que les historiens et les astronomes ne purent établir la continuité de leurs dates que par la création d'ères artificielles : l'ère de Nabonassar, employée par Ptolémée, commence à l'avènement de ce roi assyrien (en —746) ; l'ère de Philippe débute au couronnement de Philippe d'Avidée, fils d'Alexandre (en — 323) ; l'ère actiaque prend cours au jour de la bataille d'Actium (en — 30) ; l'ère de Dioclétien s'inaugure à la prise d'Alexandrie par cet empereur (en 242).

Cette savante notice, pleine de précisions que cette analyse ne laisse même pas soupçonner, se termine par des notes qui fixent opportunément les idées sur la notation des années avant Jésus-Christ, sur la période julienne, sur la concordance des calendriers julien et grégorien, et sur les tables chronologiques.

1918. — J. Renaud. — *L'heure en mer* (45 p.). — Le travail de M. Renaud date de janvier 1917. Il expose la situation de cette époque ; nous verrons ensuite quelles réformes il a provoquées. — A bord des navires, le service est réglé sur la montre d'habitacle ; celle-ci, dans un port, donne l'heure légale et, en mer, en principe, l'heure vraie. La mise à l'heure se fait habituellement au midi de chaque jour, après le calcul du point : la montre d'habitacle indique donc, en mer, une heure moyenne définie de manière à se confondre avec l'heure vraie à l'instant et au lieu du midi précédent. On aperçoit les inconvénients de cette méthode : difficulté de retrouver l'instant où s'est produit un fait noté, comme un décès, sur le journal du bord, au point que deux navires se croisant porteront cette rencontre à des instants exprimés par des nombres différents ; chances d'erreurs

dans l'usage des tables de prédiction des marées ; imprécision des règlements dans la navigation au cabotage ; incertitudes, dans la marine de guerre, sur l'interprétation des ordres donnés aux bâtiments dispersés d'une force navale. Ces inconvénients ont fait délimiter par l'Amirauté britannique une *zone métropolitaine* où l'heure de tous les navires est celle de Greenwich : cette zone comprend toutes les mers européennes au nord du parallèle de 45° et à l'est du méridien de 30° ouest.

Toutes les difficultés inhérentes au temps vrai disparaîtraient par l'extension à la mer du système des fuseaux horaires. Ce système n'apportera-t-il pas des inconvénients nouveaux ? — La différence entre l'heure du fuseau et l'heure vraie pourrait atteindre trois quarts d'heure : mais cette situation se présente déjà dans les ports, où elle ne gêne point. — Si les calculs d'azimut, nécessaires à la détermination de la variation du compas, devaient être un peu plus compliqués, ils ne le seraient que très peu, et plus exacts. — La correction, en une fois, de soixante minutes, au changement de fuseau, rendrait impossible l'application des horaires et brouillerait les services : mais il suffirait que le changement se fît dans le voisinage du méridien mitoyen à l'instant prévu par l'horaire, construit en tenant compte d'un gain ou d'une perte de soixante minutes.

En février 1917, le Bureau des Longitudes approuva les conclusions de M. Renaud et une circulaire ministérielle du 22 mars suivant prescrivit la notation de l'heure en mer d'après le système des fuseaux horaires, à bord des navires de la marine de guerre française. Dans les eaux territoriales, les limites des fuseaux s'écartent des méridiens de manière à se raccorder aux frontières des pays appartenant à des fuseaux différents. Le service hydrographique a publié un Planisphère des fuseaux horaires qui porte tous les renseignements relatifs à cette question (1).

L'Italie adhéra à cette mesure dès juin 1917. En juillet, l'Amirauté britannique convoqua une conférence qui adopta, dans toutes ses grandes lignes, la réforme française (2). Quelques

(1) N'est-ce pas par erreur que cette carte attribue les eaux qui entourent la Corse au fuseau de l'Europe centrale ?

(2) Vœu n° 11 : « Il y aurait un grand intérêt pour les marins à substituer dans toutes les éphémérides nautiques le jour civil commençant à minuit au jour astronomique. La Conférence estime aussi que la *Royal Astronomical Society* devrait être consultée sur l'utilité de supprimer complètement le jour astronomique ». La substitution du temps civil au temps astronomique a été

divergences de détail, en particulier, à propos de l'heure d'été : la marine française s'y conforme sur ses bâtiments quand ils se trouvent dans l'hémisphère nord, en dehors de la zone tropicale. La conférence anglaise ne voit, à ceci, aucun avantage.

1918. — M. Hamy. — *Le Soleil et le magnétisme terrestre* (22 p.). — C'est dans la première moitié du XIXe siècle que l'observation méthodique du Soleil établit une période d'une dizaine d'années dans le nombre de ses taches. Aujourd'hui on attribue à la période une durée moyenne de onze années environ. La même période règle la latitude moyenne des taches de chaque hémisphère : cette latitude moyenne décroît d'une manière continue d'un minimum d'activité solaire au minimum suivant. — Or, les manifestations du magnétisme terrestre présentent la même périodicité. On connaît la variation diurne de la déclinaison magnétique ; mais des perturbations violentes, des *orages magnétiques*, viennent souvent troubler la régularité du phénomène, décelant un champ troublant dont l'intensité va du 1/400 au 1/20 de celle du champ terrestre. L'inclinaison magnétique et la composante horizontale de la force magnétique éprouvent des perturbations simultanées. La fréquence des orages est proportionnelle à la fréquence des taches solaires ; et c'est encore le cycle des taches qui règle la fréquence des aurores polaires, les variations accidentelles des courants telluriques et certaines manifestations sismiques.

Le Soleil est-il la cause directe des perturbations magnétiques? S'il en est ainsi, la création du champ accidentel décelé par un orage magnétique d'intensité moyenne devrait lui faire dépenser, en quelques heures, l'énergie qu'il rayonne normalement en plusieurs mois ! — Le Soleil, par un rayonnement ultra-violet exceptionnel, correspondant à la formation des taches, ne fait-il que modifier la conductibilité de la haute atmosphère? L'énergie mise en jeu serait alors empruntée à l'énergie cinétique de rotation du globe, sans qu'il puisse y avoir ralentissement sensible. Mais cette hypothèse exige une conductibilité atmosphérique très supérieure à celle qu'autorisent les observations. — Est-ce

réalisée dans les *Éphémérides nautiques* publiées par le Bureau des Longitudes, à partir du volume pour 1920 (C. R., 1918, I, p. 401, communication de MM. Lallemand et Renaud). La même modification sera apportée à la rédaction de l'*American Ephemeris*, du *Nautical Almanac* et de la *Connaissance des Temps*, à partir du 1er janvier 1925 (C. R., 1919, I, p. 1080, communication de M. Bigourdan).

plutôt un rayonnement hertzien des taches solaires qui rend conductrices les couches supérieures de l'atmosphère, sans que ce rayonnement puisse atteindre, à travers celle-ci, la surface terrestre ? Mais cette conception, pas plus que la précédente, n'explique le retard souvent observé entre le passage de la tache au méridien et la perturbation magnétique. — Les taches dégagent-elles des torrents de rayons cathodiques, dont on sait que le Soleil est un puissant foyer d'émission ? Mais sous ce déluge d'électricité négative, l'équilibre électrique du système Soleil-Terre devrait être établi depuis longtemps. — Faut-il recourir à la pression de la lumière, et lui faire lancer loin du Soleil, pendant les éruptions de celui-ci, des particules de vapeurs condensées, chargées négativement ? Mais ce transport devrait se faire avec une vitesse comparable à celle de la lumière, et le décalage des phénomènes reste inexpliqué.

Une découverte récente, due à Bosler, impose aux hypothèses de nouvelles conditions. Le champ magnétique perturbateur affecte une direction préférée, indépendante de la position du Soleil, fonction seulement de la position terrestre du lieu d'observation. Il semble donc qu'on doive faire intervenir les courants telluriques, en leur attribuant, par exemple, des variations induites par les variations du champ solaire, trop faible, par lui-même, pour avoir une action directe sensible sur l'aiguille aimantée.

1918. — E. Picard. — *La vie et l'œuvre de Gaston Darboux* (20 p.). — La vie et les travaux de l'illustre auteur des *Leçons sur la Théorie des Surfaces* sont généralement assez connus pour que nous puissions ne pas résumer point par point cette notice (1). Il y a mieux à tirer de l'éloge d'un maître comme Darboux par un maître comme M. Picard. — Voici quelques lignes dans lesquelles les élèves du grand géomètre recon-

(1) Né à Nîmes en 1842, Darboux fut élève de l'École normale à l'époque de Pasteur, professeur aux lycées Saint-Louis et Louis-le-Grand de 1866 à 1872, maître de conférences à l'École normale et suppléant de Liouville à la Sorbonne où il succéda à Chasles en 1880 dans la chaire de Géométrie supérieure. Membre de l'Académie des Sciences, Secrétaire perpétuel de cette Compagnie depuis 1900, membre de la plupart des autres Associations savantes, Darboux mourut à Paris, le 23 février 1917. — La plus grande partie de son œuvre relève de la Géométrie infinitésimale. Ses grands ouvrages sont les *Leçons sur la Théorie générale des surfaces et les applications géométriques du Calcul infinitésimal* et les *Leçons sur les Systèmes orthogonaux et les coordonnées curvilignes*.

naîtront le caractère qui donnait tant de beauté à son enseignement : « Darboux excellait aussi à établir des rapprochements inattendus entre des questions regardées jusque-là comme distinctes, ce qui donne à son œuvre, notamment en Géométrie infinitésimale, une grande cohésion et une impression de solidité et de force ». — Voici un parallèle du Géomètre et de l'Analyste qu'il faut lire en entier, mais que nous ne pouvons qu'effleurer ici : « Il fut un temps où les *analystes* reprochaient aux *géomètres* de n'avoir pas de méthodes générales ; les géomètres répliquaient que les méthodes générales ne sont pas tout dans la Science et qu'elles empêchent même souvent de voir les choses directement et en elles-mêmes... L'Analyse avec son symbolisme et ses notations de plus en plus perfectionnées constitue une langue d'une admirable clarté, qui, suivant le mot de Fourier, n'a pas de signe pour exprimer les notions confuses... On pourrait en donner comme exemples... la Mécanique céleste tout entière, où il n'y a rien de plus que la formule de la gravitation universelle, mais où d'innombrables transformations de calcul nous font passer de ce point de départ à l'explication de presque toutes les particularités des mouvements des astres... Une méthode géométrique peut, chemin faisant, mieux explorer qu'une méthode analytique les alentours d'une question. On voyait mieux le pays quand on voyageait à pied ; il est vrai qu'on allait moins loin. Dans le même ordre d'idées, notons que, pour certaines applications, des raisonnements géométriques donnent sans peine une première approximation, à laquelle conduirait moins facilement l'emploi de l'Analyse... Aussi Darboux a-t-il écrit très justement dans une belle étude sur le développement des méthodes géométriques : Monge, le rénovateur de la Géométrie moderne, nous a montré dès le début, ses successeurs l'ont peut-être oublié, que l'alliance de la Géométrie et de l'Analyse est utile et féconde, que cette alliance est peut-être une condition de succès pour l'une et pour l'autre ». — Reproduisons encore cette *pensée :* « On doit d'ailleurs reconnaître qu'il est indispensable pour les progrès de la Science, que les choses paraissent d'abord simples. Sans vouloir trop généraliser, on peut dire que l'erreur est quelquefois utile. Le Calcul différentiel n'aurait pas pris naissance si Newton et Leibniz avaient pensé que les fonctions continues n'ont pas nécessairement une dérivée, notion dont l'origine est dans le sentiment confus que nous avons de la rapidité plus ou moins grande avec laquelle s'accomplissent les phénomènes... ».

1919. — P. Appell. — *Figures d'équilibre relatif d'un liquide homogène en rotation dont les éléments s'attirent suivant la loi de Newton* (60 p.). — Une masse homogène, démontre-t-on, ne peut tourner, de façon stable et sans application de forces extérieures, qu'autour d'un des axes principaux d'inertie, passant par son centre de gravité. « Quant aux diverses formes que peut affecter la surface libre, elles sont loin d'être connues... Tout ce qu'on a pu faire, c'est de prouver que certaines formes imaginées a priori sont possibles ». - On se donne la masse totale du liquide, sa densité et, soit sa vitesse angulaire, soit son moment de rotation ; celui-ci est la somme géométrique des quantités de mouvement des éléments du fluide par rapport au centre de gravité, et cette somme géométrique est constante quelles que soient les variations de température, ce qui fait son intérêt du point de vue cosmogonique.

Pour une vitesse de rotation ω donnée, inférieure à un maximum calculable ω_1, il existe deux ellipsoïdes de révolution, admissibles comme surface libre, et dits de Mac Laurin : étant données la vitesse angulaire de la Terre et sa densité moyenne, notre sphéroïde aurait réalisé un ellipsoïde de révolution dont l'aplatissement est 1 : 231 ; or son aplatissement mesuré est 1 : 297. On ne peut donc pas admettre que la Terre ait été primitivement un fluide homogène. — Pour une vitesse de rotation donnée, inférieure à un maximum calculable ω_2, il existe un ellipsoïde à trois axes inégaux, admissible comme surface libre, et dit de Jacobi : avec une même densité, ω_2 est moindre que ω_1, et le rapport $\omega_1 : \omega_2$ de ces vitesses limites est égal à 1,0945. — Adoptons maintenant les données cosmologiques. Pour un moment de rotation proposé quelconque, il existe un ellipsoïde de Mac Laurin. Pour un moment de rotation donné, non inférieur à une limite calculable, il existe un ellipsoïde de Jacobi. A cette valeur limite du moment de rotation, l'ellipsoïde de Jacobi se réduit à un ellipsoïde de Mac Laurin. — La notice analysée ici conduit à ces résultats d'une manière extrêmement élégante, au moyen de représentations géométriques d'une grande clarté.

Quels sont les ellipsoïdes de Mac Laurin ou de Jacobi auxquels on peut donner une modification infiniment petite qui réalise une nouvelle forme d'équilibre, et quelle est cette modification ? — Les ellipsoïdes que recherche ce problème sont dits de bifurcation. — Aucun ellipsoïde de Mac Laurin correspondant à un moment de rotation inférieur au moment de rotation

minimum des ellipsoïdes de Jacobi n'est de bifurcation ; mais nous savons déjà que l'ellipsoïde de Mac Laurin correspondant à cette valeur critique est de bifurcation, car il permet le passage des ellipsoïdes de Mac Laurin à ceux de Jacobi. Au delà de la valeur critique, pour les moments de rotation plus grands, il existe une suite discontinue indéfinie d'ellipsoïdes de Mac Laurin de bifurcation : on peut passer de chacun d'eux à une surface d'équilibre infiniment voisine qui le coupe suivant un réseau de méridiens équidistants et de parallèles : c'est une surface à saillies méridiennes, « comme un melon », ou une surface plissée suivant des zones d'égale latitude, ou, généralement, une surface qui boursoufle et déprime alternativement l'ellipsoïde, à l'intérieur de cases comparables à celles d'un damier. — Dans les ellipsoïdes de Jacobi, il y a aussi une suite discontinue indéfinie d'ellipsoïdes de bifurcation. Le premier que l'on rencontre donne naissance à la figure piriforme de Poincaré, et le deuxième, à l'une ou l'autre de deux surfaces, la surface positive et la surface négative de Poincaré, dont la première a été comparée à un haltère.

Cette étude aborde enfin la question, « encore bien obscure », de la stabilité des figures obtenues. Voici les conclusions du mémoire fondamental de Poincaré sur ce sujet : Les ellipsoïdes de révolution sont stables, s'ils sont moins aplatis que celui qui est en même temps un ellipsoïde de Jacobi ; les ellipsoïdes de Jacobi sont stables s'ils sont assez peu allongés. Dans ces conditions, la stabilité subsiste même quand le fluide est visqueux (stabilité séculaire). — Les ellipsoïdes de révolution qui sont plus aplatis que celui qui est en même temps un ellipsoïde de Jacobi, mais dont l'aplatissement est inférieur à une certaine limite, sont stables si le fluide est parfaitement dépourvu de viscosité ; ils ne le sont plus si le fluide est visqueux et si peu qu'il le soit. — Parmi les séries de figures d'équilibre non ellipsoïdales, il n'y en a qu'une qui soit stable : c'est la « figure piriforme ». —Cependant, Liapounoff conteste la stabilité de cette figure, et soutient, d'autre part, la stabilité de la surface négative de Poincaré.

La passionnante notice de M. Appell se termine par un précieux index bibliographique que dominent les grands noms de Poincaré, de Liapounoff et de Darwin.

1919. — M. Hamy. — *La détermination interférentielle des diamètres des astres* (27 p.). — Les diamètres dont il s'agit ici

ne sont pas les diamètres vrais, les diamètres linéaires des astres ; il s'agit des diamètres angulaires : le diamètre angulaire d'un astre pour telle position de l'observateur est l'ouverture du cône circonscrit à l'astre et ayant pour sommet le point occupé par l'observateur. Il est clair que le diamètre angulaire et la distance font connaître immédiatement le diamètre vrai. — Le procédé de mesure qui se présente tout d'abord à l'esprit est le procédé micrométrique : dans le plan focal de la lunette se trouve un réticule dont un fil est mobile parallèlement à lui-même ; on amène le fil en contact d'un côté, puis de l'autre, avec l'image de l'astre ; le déplacement du fil se lit sur le tambour de la vis micrométrique et le diamètre demandé s'en déduit d'après les caractéristiques de la lunette. Mais les phénomènes de diffraction privent cette méthode de toute précision : de même que l'image d'une source lumineuse rigoureusement ponctuelle serait une tache d'autant plus étendue que l'ouverture de la lunette est moindre, ainsi l'image d'une source sphérique est un disque sur le bord duquel l'intensité lumineuse décroît, rapidement il est vrai, mais sans discontinuité. Quand dira-t-on, dans ces conditions, que le fil réticulaire est tangent à l'image ?

La méthode interférentielle est due, dans son principe, à Fizeau. Des rayons lumineux émanés d'une même source ponctuelle, et filtrés par deux minces fentes parallèles et voisines, engendrent sur un écran ou dans le plan focal d'une lunette, des franges d'interférence. S'il y a deux sources lumineuses ponctuelles voisines, on recueille deux systèmes de franges empiétant l'un sur l'autre ; dans ces deux systèmes, les bandes brillantes de l'un peuvent combler les bandes obscures de l'autre pour telle distance angulaire des deux sources, facile à calculer au moyen de la longueur d'onde, avec laquelle elle croît, et de la distance des fentes, avec laquelle elle décroît. Inversement, écartez les fentes jusqu'à disparition des franges, mesurez leur distance et tirez-en la distance angulaire des foyers. Tel est le principe : une valeur convenable du coefficient de proportionnalité le rend applicable au diamètre apparent des sources circulaires ; cette extention est due à Michelson. Les difficultés résultant de l'insuffisance de lumière transmise à travers les fentes étroites ont été écartées par M. Hamy. Celui-ci utilise deux fentes larges, dont la largeur peut atteindre le tiers de la distance : il suffit de modifier l'expression du diamètre en raison inverse de cette distance, en complétant le coefficient de pro-

portionnalité par un terme qui contient le carré du rapport de la largeur à la distance. Les résultats des observations planétaires sont très satisfaisants. Une réserve cependant s'impose ; l'atmosphère doit être parfaitement calme ; les perturbations atmosphériques forcent les résultats et ne fournissent plus que des limites supérieures des diamètres à déterminer.

Pour la mesure des diamètres très petits, la méthode est, telle quelle, inapplicable ; car à un diamètre angulaire de 0",01, vraisemblable pour une étoile de première grandeur, correspondrait une distance des fentes supérieure à douze mètres. Mais diverses dispositions optiques ont été proposées récemment pour rendre équivalent à un pareil système de fentes un système adaptable aux objectifs des grands instruments : on espère que l'application de pareilles dispositions, par exemple au grand télescope de l'Observatoire du mont Wilson qui a 2,50 m. d'ouverture, fera connaître bientôt les dimensions d'un certain nombre de petites planètes.

M. Alliaume,
Professeur à l'Université de Louvain.

BIBLIOGRAPHIE

I

Cours de Géométrie pure et appliquée de l'École Polytechnique, par Maurice d'Ocagne, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Professeur à l'École Polytechnique.

Tome I. — *Transformations géométriques. — Perspective. — Géométrie infinitésimale. — Géométrie réglée. — Géométrie cinématique.* Un vol. in-4° de xi-375 pp. — Paris, Gauthier-Villars, 1917.

Tome II. — *Cinématique appliquée. — Stéréotomie. — Statique graphique. — Calcul grapho-mécanique. — Nomographie.* (364 pp.) Id. 1918.

Le beau livre que M. d'Ocagne vient de publier nous a vivement frappé par son extrême originalité et nous ne voyons pas trop à quel autre on pourrait le comparer. C'est tout ensemble une encyclopédie des applications de la géométrie à la technique de l'ingénieur et un traité de géométrie supérieure. Avec cela, l'ensemble ne manque nullement d'unité. Cette unité provient sans aucun doute du point de vue scientifique très élevé auquel s'est placé l'auteur. Écrit par un géomètre, ce cours est destiné aux géomètres : l'auteur s'attache, avant tout, à mettre en pleine lumière les principes directeurs de géométrie pure qui dominent chacune des doctrines qu'il expose. « Cet ouvrage, nous dit M. d'Ocagne lui-même, est l'exacte reproduction de notre enseignement à l'École Polytechnique. Son caractère particulier tient au double but que vise cet enseignement, savoir : 1° développer chez les élèves l'esprit géométrique ; 2° mettre à leur disposition les notions issues de la géométrie qu'ils auront à utiliser par la suite en vue de leurs études techniques. »

Ce double but explique la division du Cours en deux volumes, le premier consacré aux théories de géométrie pure utilisées par après, le second, aux applications les plus importantes de la géométrie à la pratique du technicien.

Ces deux volumes sont beaucoup trop touffus et embrassent un beaucoup trop grand nombre de questions différentes pour qu'il soit possible d'en faire une analyse un peu complète. Nous sommes forcé de nous limiter à un résumé très superficiel, nous attachant surtout à caractériser l'esprit dans lequel les matières sont traitées, et livrant un peu au hasard au lecteur les réflexions que nous avons faites en parcourant les divers chapitres de ce Cours.

Le premier volume est un traité de *Géométrie supérieure* et l'auteur a voulu expressément que tel soit son caractère. Il renvoie aux traités d'analyse quand il le faut, mais il soutient que les méthodes géométriques doivent être développées à côté des méthodes analytiques, qu'elles ont des avantages qui leur sont propres, et tout d'abord celui de développer le sens intuitif chez les élèves. Nous sommes entièrement de son avis.

La *démonstration par la géométrie,* dont les premiers exemples remontent aux mémorables travaux de Poncelet et Chasles, est une invention française. Cette méthode permet d'obtenir les théorèmes à démontrer comme conséquences de certains principes généraux, susceptibles de revêtir un énoncé géométrique, et sans qu'il faille écrire aucune formule. La méthode par l'analyse qu'on lui oppose a un double inconvénient : elle substitue des symboles algébriques aux êtres géométriques, ensuite elle dissocie les éléments du raisonnement pour les ranger dans une chaîne dont l'esprit envisage les anneaux *successivement*. Mais, si la chaîne est longue, l'esprit est incapable d'embrasser le lien qui réunit les anneaux extrêmes, et alors la démonstration entraîne la conviction sans éclairer l'intelligence. Tout au contraire, la démonstration par la géométrie est directe, elle porte sur les objets eux-mêmes ; loin de séparer ces objets, elle les réunit dans une sorte de perspective synthétique et met leurs rapports en pleine lumière. Aussi, comme le faisait déjà remarquer Poinsot, il n'est pas de méthode de raisonnement plus instructive et présentant plus d'avantages pour la formation de l'esprit. Si nous voulons donc caractériser le premier volume de M. d'Ocagne, nous dirons qu'il a pour dessein bien avéré de *faire valoir* la démonstration par la géométrie. Ajoutons que ce but est pleinement atteint. Dès le premier chapitre, consacré à l'étude des *transformations géométriques,* l'auteur rencontre, avec les transformations ponctuelles (homographie, inversion) et les transformations dualistiques (principe de dualité), les principes les plus féconds de la géométrie projective. Il est donc, de prime abord, au cœur même de son sujet.

La *Perspective*, qui constitue le second chapitre du Cours, n'est qu'une application ; elle forme donc une sorte de parenthèse dans le premier volume. Elle est cependant si étroitement liée à la question précédente que l'on conçoit très bien que l'auteur n'ait pas voulu l'en détacher. *Le problème direct*, c'est-à-dire celui de la mise en perspective (conique, axonométrique, etc.) est présenté sous son aspect classique et n'appelle peut-être pas d'observation bien spéciale. Par contre, *le problème inverse*, celui de la *reconstitution* des objets mis en perspective, est beaucoup plus nouveau et aussi plus difficile, et il est traité par plusieurs méthodes différentes, toutes intéressantes. En dehors de son importance théorique, ce problème a présenté une importance pratique capitale pendant la guerre. Toute la question de la *métrophotographie*, ou de la reconstitution des objets au moyen de deux images perspectives photographiques, en dépend, et c'est la question qui se pose d'elle-même dans la reconnaissance du terrain par avions.

Toutes les matières qui figurent dans le programme que l'auteur s'est tracé, ne se prêtent pas aussi naturellement au raisonnement géométrique que celles qui précèdent et, en particulier, celles qui rentrent dans son troisième chapitre, sous la rubrique *géométrie infinitésimale*. Nous y rencontrons, en effet, de nombreuses notions qui sont nettement analytiques : courbure, torsion, contact, plan osculateur, lignes de courbure, géodésiques, asymptotiques, etc. Toutes ces notions fondamentales sont en quelque sorte *primitives* et c'est à l'analyse qu'il appartient de les préciser. Mais, une fois acquises, elles forment un vaste champ d'applications dans lequel le « *géomètre* » peut librement s'exercer. On peut être assuré que l'auteur ne s'en fait pas faute. Pour trouver des exemples simples et instructifs, il n'a d'ailleurs qu'à puiser dans ses propres travaux. C'est ainsi que l'on trouve d'excellentes applications de la méthode géométrique dans la construction du centre de courbure des coniques, dans les propriétés des tractrices, des caustiques et des podaires ; dans les théorèmes de Sturm, de Malus, de Dupin (rayons réfléchis et réfractés), etc.,

Le quatrième chapitre, intitulé *géométrie réglée*, ramène sur le terrain de la pure géométrie. La théorie si importante des complexes et des congruences linéaires est exposée ici avec tout le soin qu'elle mérite, et avec d'autant plus de raison qu'elle intervient en statique graphique. On en retrouvera donc l'application dans le second volume.

Enfin le cinquième et dernier chapitre du premier volume expose les principes de la *géométrie cinématique*. Cette science se propose l'étude des êtres géométriques attachés au mouvement d'une figure de forme invariable. Certaines parties de cette branche de la géométrie sont classiques et exposées dans tous les traités de cinématique. Nous les trouvons également ici. Telles sont l'étude des déplacements finis, celle des mouvements instantanés et continus d'un solide et les constructions qui s'en déduisent pour les normales, les centres de courbures, etc. Mais M. d'Ocagne passe bientôt à des applications plus particulières et il développe, sous forme géométrique, quelques théories très élégantes, d'un ordre élevé, concernant les hélicoïdes, la surface de vis à filet carré ou triangulaire et finalement la surface de l'onde considérée comme surface apsidale d'un ellipsoïde.

Un appendice au premier volume apporte quelques compléments précieux aux questions précédemment traitées : Transformations géométriques, problème direct ou inverse de la perspective, géométrie infinitésimale, attraction d'une couche ellipsoïdale. Ici encore, certains travaux de l'auteur trouvent tout naturellement leur place.

Nous allons maintenant passer en revue les diverses branches de la géométrie appliquée qui font l'objet du second volume (chapitres VI à XI).

La *cinématique appliquée* (VI) comprend deux parties : 1° Théorie des mécanismes ; 2° Cinématique graphique.

Les *mécanismes* sont des transformateurs de mouvements, parmi lesquels il faut encore distinguer les transformateurs *cinématiques* (engrenages, cames, excentriques, etc.) et les transformateurs *géométriques* ou systèmes articulés (plans ou gauches). La construction et la théorie de ces appareils s'appuient sur une foule de propriétés intéressantes des courbes planes. Ce sont là des questions classiques sur lesquelles il est inutile d'insister, mais qui sont exposées ici avec une clarté et une concision qui méritaient d'être signalées.

Par contre, la *cinématique graphique* est une branche entièrement nouvelle, dont le nom est dû à M. d'Ocagne et dont les débuts peuvent être attribués à l'ingénieur Marbec. Voici en quoi elle consiste. Le mouvement d'une figure plane étant déterminé par celui de deux de ses points, les vitesses et les accélérations des divers ordres de ces deux points déterminent les grandeurs analogues pour tous les autres points et permettent, par conséquent, de les construire. Ce sont les principes très simples de

ces constructions qui sont codifiés sous le nom de *cinématique graphique*.

La *stéréotomie* (VII) est forcément restreinte ici à un nombre limité de problèmes fondamentaux. Parmi ceux-ci, l'appareillage des arches biaises occupe, à juste titre, la place principale. En particulier, l'appareil hélicoïdal fait intervenir, comme on le sait, de fort belles propriétés des courbes et des surfaces et soulève des discussions délicates, auxquelles l'auteur a soin de ne point se dérober, car elles font tout l'intérêt mathématique du problème.

La *statique graphique* (VIII) permet de résoudre par des constructions géométriques simples tous les problèmes relatifs à la composition, à la décomposition, à l'équilibre et au calcul des moments des forces situées dans un plan. Sous certaines conditions, elle permet de déterminer les réactions lorsqu'une pièce repose sur plusieurs points d'appui, de déterminer les forces intérieures dans un système réticulaire et les forces élastiques à l'intérieur d'une pièce chargée. Telles sont donc les questions fondamentales auxquelles confinent les nombreux problèmes traités par l'auteur. Mais, fidèle à son principe, M. d'Ocagne envisage toutes ces questions d'un point de vue scientifique supérieur et s'attache à relier les constructions aux principes de géométrie générale dont elles dépendent. C'est ainsi que la théorie des transformations géométriques jette une pleine lumière sur les relations qui existent entre les divers *funiculaires* possibles pour un même système de forces données; c'est ainsi que les propriétés des diagrammes réciproques fournis par la détermination des conditions d'équilibre d'un système réticulaire, se rattachent à la considération des complexes linéaires. Nous citerons encore, comme particulièrement instructive à cet égard, la recherche des conditions nécessaires et suffisantes pour que la détermination des forces, à l'intérieur d'un système réticulaire donné, ne dépende que de la statique seule. Toutes ces discussions intéressent le géomètre autant que le constructeur et peut-être même davantage.

Le *calcul graphique* (IX) consiste à substituer à une opération de calcul sur des nombres une construction sur des segments dont les longueurs sont mesurées par ces nombres. Ce genre de substitution remonte aux Pythagoriciens et l'on peut trouver dans le livre II d'Euclide une série de propositions qui ne sont que la transposition géométrique de tous les calculs relatifs au traitement des équations des deux premiers degrés. C'est ce que

le grand historien des mathématiques, Zeuthen, appelle très justement du nom d'*algèbre géométrique*. Mais, tandis que cette algèbre géométrique est constituée dans un but exclusivement théorique et constitue un procédé de démonstration et non de calcul pratique, c'est le contraire pour le calcul graphique dont il est ici question. Celui-ci a pour objet de codifier un ensemble de constructions conduisant à une détermination réellement commode et pratique des résultats de certains calculs courants. Dans son exposition, l'auteur s'est inspiré surtout des travaux fondamentaux du professeur Massau, de l'Université de Gand, mais sans s'astreindre à le suivre en tout. Les problèmes dont il étudie la résolution sont les suivants : Résolution des systèmes d'équations linéaires et de l'équation de degré n ; intégration graphique, c'est-à-dire construction des courbes intégrales d'ordres successifs pour une fonction donnée ; intégrations utilisées en statique, en particulier calcul des moments fléchissant dans une poutre soumise à une charge continue ; intégration graphique des équations différentielles. Il y aurait bien des remarques intéressantes à faire sur l'ingéniosité des procédés de simplification utilisés. D'autre part, l'intégration des équations appellerait un rapprochement avec les méthodes d'approximations successives de M. Picard, qui ont l'avantage de fournir une limite de l'erreur commise. La place nous manque malheureusement pour insister plus longuement.

Le *calcul grapho mécanique* (X) utilise simultanément des tracés graphiques et des appareils mécaniques. Ces appareils sont les *intégromètres* et les *intégraphes*. Le plus ancien et le plus connu des intégromètres est le *planimètre d'Amsler*, utilisé pour l'évaluation des aires planes. Il existe aussi des intégromètres pour le calcul des moments des aires planes par rapport à un axe. L'auteur en expose la théorie avec l'élégance qui lui est habituelle ; mais c'est encore une fois une théorie classique. Celle des intégraphes l'est beaucoup moins. Ces appareils ont pour objet de tracer d'un mouvement continu les courbes intégrales engendrées par une simple quadrature ou par l'intégration d'une équation différentielle. C'est surtout le géomètre italien Ernest Pascal qui a développé la théorie de ces derniers appareils. Constructeur ingénieux autant que géomètre éprouvé, le savant professeur de l'Université de Naples a imaginé des appareils qui intègrent l'équation linéaire du premier ordre, celle de Riccati, celle du mouvement des projectiles dans l'air, et même

certaines équations intégrales. On sera heureux de trouver, dans l'ouvrage de M. d'Ocagne, la description et la théorie de ces intégraphes, qui méritent de devenir classiques.

La *Nomographie* (XI) se distingue du *Calcul graphique* dont nous avons parlé tout à l'heure. Celui-ci remplace un calcul numérique particulier par la construction à l'échelle d'une figure correspondante. La *nomographie*, par contre, substitue aux nombres des éléments géométriques quelconques (lignes ou points) et a pour objet de faire correspondre, non à une opération, mais à une relation analytique entre ces nombres, un rapport particulier de situation entre les éléments qui les représentent (droites concourantes, points en ligne droite). C'est ainsi que si une inconnue dépend de plusieurs variables indépendantes (généralement deux), on construit un graphique appelé *abaque* ou *nomogramme*, tel que, connaissant les éléments qui représentent les variables, l'élément représentatif de l'inconnue soit immédiatement déterminé par le rapport de situation prévu. Il existe deux types de nomogrammes, ceux à *entrecroisements* et ceux *à points alignés*, bien plus commodes que les premiers. Deux principes dominent cette théorie : le principe de l'*anamorphose* et le *principe de dualité*. Le principe de l'anamorphose permet, sous des conditions très générales, de remplacer les lignes courbes d'un nomogramme à entrecroisements par des lignes droites. Celui de dualité permet de transformer un nomogramme à entrecroisements en un autre à points alignés. Le nom seul de M. d'Ocagne suffit pour témoigner de la maîtrise avec laquelle cette théorie est exposée ici et de l'intérêt des applications prises comme exemples. On peut, en effet, considérer M. d'Ocagne comme le véritable créateur de cette science, dont il n'a cessé d'étendre les applications depuis vingt ans, sans parler des services signalés que, sous sa direction, la nomographie a rendus à la balistique pendant la guerre.

Le tome II se termine, comme le premier, par un appendice qui apporte quelques compléments d'une grande nouveauté. On y trouvera, entre autres choses, les résumés des importantes recherches du professeur B. Magor, de Lausanne, sur la statique graphique de l'espace, et du professeur Gercevanoff, de Petrograd, sur l'application de la nomographie à l'intégration graphique.

En terminant cette analyse, nous ne pouvons nous empêcher de remarquer que l'ouvrage de M. d'Ocagne est un monument élevé en l'honneur de l'École polytechnique. C'est un hommage rendu aux noms glorieux des polytechniciens, maîtres ou élèves,

qui sont les fondateurs et les pionniers des diverses disciplines dont nous venons de parcourir la longue liste. Ces noms, M. d'Ocagne les signale au fur et à mesure qu'il les rencontre et nous y ajouterons le sien : il n'est pas indigne des autres. Puisse ce livre inspirer à ses élèves l'amour de l'École à laquelle ils ont l'honneur d'appartenir ! Il leur montrera la voie qu'ils ont à suivre pour être dignes de leurs aînés. C'est pour cela que ce livre a été écrit. Il portera ses fruits. Nous pouvons en adresser de confiance à l'auteur toutes nos félicitations.

C. DE LA VALLÉE POUSSIN.

II

LEÇONS SUR LES FONCTIONS ELLIPTIQUES EN VUE DE LEURS APPLICATIONS, par R. DE MONTESSUS DE BALLORE. Cours libre professé à la Faculté des Sciences de Paris. — Paris, Gauthier-Villars, 1917. Un vol. gr. in-8° de x-267 pages, avec figures dans le texte.

La plupart des intégrales des fonctions irrationnelles sont des transcendantes qui ne peuvent pas s'exprimer par l'emploi des signes algébriques et trigonométriques en nombre fini. Si l'on a simplement une intégrale de fonction rationnelle et d'un radical carré portant sur un polynome du 3e ou du 4e degré, cette intégrale peut se réduire à trois types fondamentaux :

$$\int \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}}, \qquad \int \frac{\sqrt{1-k^2x^2}}{\sqrt{1-x^2}}\,dx,$$

$$\int \frac{dx}{(x^2-c)\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}},$$

que l'on appelle aujourd'hui *intégrales elliptiques*. Euler et d'autres s'étaient déjà un peu occupés de la question, mais c'est Legendre qui a jeté les premiers fondements d'une théorie des intégrales elliptiques. Les *fonctions elliptiques* sont les fonctions inverses de ces intégrales.

Les ouvrages publiés sur cette matière sont nombreux. Bien que ce soient des questions pratiques qui aient donné naissance

aux fonctions elliptiques, la plupart des traités y relatifs ont un caractère trop théorique. Trop élevés surtout, ils ne sont pas à la portée des étudiants ordinaires. Parmi les plus récents, il en est ainsi de ceux de J. Thomae, en 1905, de H. Burkhardt (le regretté fondateur de l'*Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften)*, en 1906, de H. Durège, en 1908, de H. Weber, en 1908 (la première édition datait de 1891), de K. Boehm, en deux volumes dont le premier a paru en 1908, de J. M. Krause, en 1912, et de R. Fricke, en 1916. Ces ouvrages, écrits en langue allemande, sont la plupart très touffus et certains d'entre eux nous paraissent — est-ce une illusion? — ne pas atteindre la perfection au point de vue de la clarté. Cette dernière remarque ne s'applique toutefois pas à R. Fricke, dont nous voulons signaler aussi le bel article (de 170 pages), paru, en 1913, dans l'*Encyklopädie*. — Comme ouvrage en langue anglaise, il faut citer celui dont H. Hancock fit paraître le premier tome, en 1910, et qui est d'allure aussi savante que la magistrale œuvre inachevée (1886-1891) de G. H. Halphen et que le Traité en quatre volumes (1893-1902) de J. Tannery et J. Molk.

Aucun d'eux ne convient pour une première étude. Comme ouvrages français qui aient cherché à être brefs et de lecture facile, il y a celui de Ch. Henry, en 1895, que nous considérons comme trop rudimentaire et bon seulement à donner une idée des fonctions elliptiques à un seul point de vue ; celui de L. Lévy, déjà bien supérieur, et le Traité de MM. Appell et Lacour, dont on ne peut dire que du bien.

Mais il est temps d'arriver aux *Leçons*, que M. de Montessus a professées, en un cours libre, pendant l'année académique 1915-1916, à la Faculté des Sciences de Paris. C'est au savant maître M. P. Appell que l'ouvrage est dédié. Sa lecture ne nécessite que la seule connaissance des tout premiers principes du calcul intégral et le livre s'adresse à tous ceux dont les connaissances en analyse ne dépassent pas le niveau des mathématiques dites générales et qui n'utilisent les fonctions elliptiques que pour les appliquer à des problèmes, soit de mécanique, soit de physique. Il pourra être utile aux élèves ingénieurs.

La notoriété qu'ont value à l'auteur ses savants travaux sur les sujets mathématiques les plus variés faisait prévoir un grand intérêt à son ouvrage. Cette opinion s'est amplement confirmée à la lecture. Le livre, qui ne manque pas d'originalité dans l'exposition, est très visiblement écrit avec un souci constant de concision et, sans nuire en rien à la clarté, l'auteur a su faire

tenir dans le petit volume beaucoup plus de choses qu'on ne pourrait présumer. C'est là un mérite sur lequel nous nous plaisons à insister, car nous avons souvent déploré la tendance à une encombrante prolixité de tant d'écrivains scientifiques. Pour arriver à condenser la matière comme l'a fait M. de Montessus, il faut être très familier avec le sujet traité et c'est bien le cas de l'auteur, qui a non seulement beaucoup étudié, et de longue date, les fonctions elliptiques, mais qui a de plus fait des recherches originales sur ces fonctions et les a appliquées à divers problèmes nouveaux. Mais la qualité la plus éminente de l'ouvrage est incontestablement son esprit algébrique, qui s'affirme du commencement à la fin.

Avant de passer à une analyse détaillée, une parenthèse. M. de Montessus a publié, en 1915, des *Exercices et Leçons de Mécanique analytique*, qui se terminent par une Note, d'une soixantaine de pages, remarquablement substantielle, où il expose la théorie des fonctions elliptiques dans le domaine réel, autrement dit « leur trigonométrie », en vue de leurs applications à la géométrie des masses et à l'étude analytique du mouvement. On peut considérer qu'à certains points de vue, cet Appendice est développé dans les *Leçons* actuelles. En effet, comme l'indique le titre, l'auteur se place encore au point de vue des applications ; il fait beaucoup de calculs et résout toutes les difficultés arithmétiques ; de sorte que l'on peut dire que si ce volume ne contient pas d'applications proprement dites, il est bien fait pour y aboutir.

La théorie des fonctions elliptiques, plus peut-être qu'aucune autre branche des mathématiques, a été fouillée dans tous les sens. On peut l'aborder et la développer par des voies très diverses et il est indispensable, pour en faire une étude sérieuse, de se placer successivement à des points de vue différents. C'est ce qu'a fait l'auteur. L'ordre dans lequel se suivent ces points de vue caractérisera son ouvrage. La marche qui consiste à partir des fonctions doublement périodiques (et dont nous reparlerons plus loin) est la plus courte, mais celle qui prend comme point de départ les intégrales elliptiques a l'avantage d'être plus élémentaire et plus conforme à l'ordre historique. Et M. de Montessus a bien raison de débuter de cette seconde manière.

Il commence donc *(Première Partie)* en procédant comme

Abel, c'est-à-dire en définissant *sn u* comme fonction inverse de l'intégrale elliptique de première espèce de Legendre :

$$u = \int_0^x \frac{dx}{\sqrt{(1-x^2)(1-k^2x^2)}};$$

l'auteur introduit ainsi les transcendantes *sn, cn, dn,* dans le domaine réel, à l'aide de l'inversion de cette intégrale. L'intégration de l'équation différentielle d'Euler fournit la formule d'addition pour *sn*. On établit ainsi qu'il n'existe qu'une période fondamentale réelle pour cette fonction. En imaginarisant l'argument, on montre que la formule d'addition permet encore de définir *sn u* dans tout le plan et d'en établir la double périodicité.

Les intégrales elliptiques sont alors réduites aux formes normales et l'auteur aborde une des deux parties de son ouvrage où l'on trouve les renseignements nécessaires pour les calculs qui se présentent dans les applications. Il développe en série l'intégrale de première espèce qui se présente dans la théorie du pendule et l'intégrale de seconde espèce qui intervient dans la rectification d'un arc d'ellipse. Dans ce cas on a une *el u* qui n'est pas elliptique, mais qui admet néanmoins une fonction formule d'addition, en relation étroite avec la fonction *sn*. L'auteur donne des Tables abrégées des valeurs des intégrales elliptiques de première et de deuxième espèce (on n'en peut construire pour l'intégrale de troisième espèce, car il y a trois variables : x, c, k). Mais ces tables ne peuvent donner qu'une idée des valeurs de ces fonctions ; et l'on expose alors le calcul direct des intégrales elliptiques de première et de deuxième espèce. Une simplification est fournie par la transformation de Landen. Elle donne le rapport de deux intégrales elliptiques de même forme, mais de modules k inégaux. M. de Montessus donne, d'après J. Bertrand, une élégante et lumineuse représentation géométrique de cette transformation, comme correspondance entre deux angles dont l'un est inscrit dans une demi-circonférence dont le diamètre contient le sommet de l'autre angle.

La *Seconde Partie*, la plus longue des quatre, a pour but de passer des fonctions de Jacobi (*sn, cn, dn*) aux fonctions de Weierstrass (pu, ζu, σu). La théorie générale des fonctions doublement périodiques ne peut être établie commodément en partant des premières. Les secondes sont, il est vrai, moins bien

appropriées aux calculs numériques, mais elles se prêtent beaucoup mieux aux études analytiques. On passe, à l'aide de changements de variables, des intégrales elliptiques canoniques où les radicaux portent sur des polynomes du 4e degré à d'autres où les polynomes ne sont plus que du 3e degré, de la forme

$$4x^3 - g_2x - g_3\,;$$

on doit alors distinguer deux cas suivant le signe du discriminant

$$\Delta = g_2^{\,3} - 27g_3^{\,2}.$$

La formule d'addition de pu est déduite de celle de sn quand Δ est positif, de celle de cn quand Δ est négatif. Il y a de même un raisonnement double en ce qui concerne la périodicité de pu. L'auteur passe ensuite aux fonctions ζu et σu, où son exposé n'est pas sans quelque originalité. Par exemple, la relation entre les quantités η et ω (dans la théorie de ζu) est établie d'une manière ingénieuse en utilisant les formules d'homogénéité. Pour les trois fonctions, l'auteur prend les expressions pour les arguments u réel, ui et $u + iv$, ce qui présente plusieurs avantages. Enfin, les fonctions $\sigma_1 u$, $\sigma_2 u$, $\sigma_3 u$ sont introduites, ce qui conduit finalement à la multiplication de l'argument de σu.

Dans la *Troisième Partie,* la plus courte mais peut-être aussi la plus originale, les propriétés des fonctions elliptiques sont déduites de deux manières des généralités de la théorie des fonctions La première méthode, la plus abordable, est celle du Traité de MM. Appell et Lacour, où l'on s'appuie sur les propriétés générales de la théorie des fonctions méromorphes. On obtient ainsi des séries de fractions rationnelles. La seconde méthode, qui est celle du Cours d'Analyse de M. C. Jordan, étudie au moyen de lacets les déterminations de l'intégrale elliptique ; cette manière de procéder nous semble plus intuitive que l'autre, surtout quand, g_2 et g_3 étant quelconques, les singularités des intégrales ont des positions arbitraires dans le champ de la variable complexe. M. de Montessus compare donc ces deux méthodes. — Après avoir complètement généralisé la fonction pu, il revient rapidement à la généralisation du module dans sn, cn, dn. — Signalons enfin la démonstration du théorème de Liouville, que l'auteur aurait pu admettre, semble-t-il, comme il a fait pour le théorème sur les résidus.

Très heureusement, une *Quatrième* et dernière *Partie* est consacrée aux transcendantes θ de Jacobi, fonctions aussi inté-

ressantes théoriquement qu'importantes pratiquement, par exemple pour les applications numériques. M. de Montessus établit quelques-unes de leurs propriétés les plus simples, en évitant la complexité des notations qui était à craindre dans cette théorie. Utilisant notamment les fonctions jouissant des propriétés représentées par les égalités :

$$\mathcal{F}(qz, q) = -q^{-1} z^{-2} \mathcal{F}(z, q), \quad \mathcal{F}_1(qz, q) = q^{-1} z^{-2} \mathcal{F}_1(z, q),$$

$$\mathcal{F}_2(qz, q) = q^{-1} z^{-2} \mathcal{F}_2(z, q), \quad \mathcal{F}_3(qz, q) = -q^{-1} z^{-2} \mathcal{F}_3(z, q),$$

utilisant aussi la parité en z pour F_2 et F_3 et l'imparité pour F et F_1, l'auteur obtient, sans grande complication de calculs, des développements en séries entières pour ces fonctions.

Par l'intermédiaire des fonctions θ on revient ensuite aux fonctions elliptiques étudiées antérieurement.

Les trois derniers chapitres constituent le second endroit de l'ouvrage consacré aux calculs qui peuvent se présenter dans les applications. Le chapitre XVIII s'occupe des calculs numériques relatifs à pu, ζu, σu, $\sigma_1 u$, $\sigma_2 u$, $\sigma_3 u$, dans le cas où g_2 et g_3 sont réels ; le chapitre XIX le fait dans le cas où ces invariants sont imaginaires. Quant au dernier chapitre, il traite successivement du calcul des trois intégrales elliptiques à l'aide des fonctions θ. On y trouve de nombreuses et remarquables identités numériques. Des formules relatives aux fonctions θ, très bien disposées en tableaux, sont d'un emploi commode. La lecture de ce passage des *Leçons* facilitera l'étude d'une partie particulièrement épineuse du grand Traité de Halphen, où l'on se perd aisément.

Ajoutons que l'exécution matérielle et, notamment, l'exécution typographique est parfaite, ce qui vraiment n'est pas banal pendant la terrible crise que subit l'industrie du Livre.

En résumé, il n'est nullement exagéré de dire que l'ouvrage de M. de Montessus est destiné à se ranger parmi les meilleurs sur les fonctions elliptiques. En outre, comme, tout en étant à la portée des étudiants, il mérite de se trouver dans la bibliothèque et même sur la table des savants avancés, il comble une vraie lacune. Et pour conclure : de même que les *Exercices et Leçons de Mécanique analytique*, ce livre est assuré de la plus grande diffusion et du plus beau succès, tant à l'étranger qu'en France.

M. Lecat.

III

Relations remarquables entre les éléments du système solaire, par Lucien Demozay. Un vol. in-8° de IX-141 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Les relations mises en évidence dans cet ouvrage se rapportent aux distances des planètes au Soleil et des satellites à leur planète, aux périhélies, aux inclinaisons des axes de rotation des planètes, aux durées de rotation, aux excentricités. Elles sont pleines d'intérêt et certaines sont impressionnantes. On comprend que l'auteur, tout plein de son sujet, et convaincu « que toute hypothèse cosmogonique devra en tenir compte désormais », ait tenu à faire connaître toutes les confirmations, toutes les vérifications qu'il s'est ménagées. Il en résulte un texte un peu touffu, et dans lequel on a parfois certaine peine à dégager l'essentiel de l'accessoire.

I. Distances des planètes et des satellites. — Aux lois de Bode, de Chambers, de Blagg, de Delaunay, de Belot, l'auteur ajoute la suivante : « Chaque système astronomique, composé d'un astre central et de ses satellites, dérive d'un système astronomique type dans lequel les distances sont réparties en trois groupes successifs et distincts. Dans chacun de ces groupes, les distances varient en progression arithmétique dont les raisons sont proportionnelles aux nombres 1, 3, 30 ». Si je comprends bien, ceci équivaut à dire : dans chaque système astronomique, on peut trouver, pour toute composante de ce système, un nombre i égal à 1, 2 ou 3, et tel que le produit de $(61 - 36{,}5i + 5{,}5i^2)$ par le rayon moyen a de l'orbite, se place dans une progression arithmétique. Dans le système solaire, $i = 1$ pour Mercure, $i = 2$ pour Vénus, la Terre et Mars, $i = 3$ pour chacune des quatre grosses planètes, et, en prenant le rayon moyen de l'orbite terrestre pour unité dans la mesure de a, la raison de la progression est égale à 5.

II. Emplacements des périhélies. — Les périhélies des quatre planètes du groupe $i = 3$ appartiennent à un même plan ; ce plan coupe celui des périhélies du groupe $i = 2$ suivant une parallèle à l'écliptique. Dans chacun de leurs plans, les périhélies de chaque groupe sont répartis le long d'une même spirale d'Archimède partant du Soleil, et les caractéristiques de ces spirales se prêtent à des rapprochements intéressants.

III. Inclinaisons des axes de rotation. — Les relations énoncées me semblent équivalentes à ceci : dans chacun des groupes planétaires (où Vénus appartient au premier groupe aussi bien qu'au deuxième), le produit $(61 - 36{,}5i + 5{,}5i^2)\ a$ est lié linéairement à l'inclinaison de l'axe, à condition de ne définir celle-ci qu'à 180° près. — Dans chaque groupe, l'inclinaison de l'axe est liée linéairement à la longitude du périhélie. — Pareilles relations n'ont évidemment d'intérêt que si le groupe considéré renferme plus de deux composantes.

IV. Durées de rotation. — « Pour l'ensemble des trois groupes, le produit de la densité moyenne d'un groupe par la durée moyenne de la rotation dans ce groupe et par la raison de la progression arithmétique caractérisant ce groupe est constant ».

V. Excentricités. — « Dans chaque groupe, les excentricités sont proportionnelles à l'écart angulaire du périhélie par rapport à l'axe de la spirale ».

Ce travail très méritoire renferme bien d'autres rapprochements ingénieux, sur lesquels je ne puis pas m'étendre. — Voici encore une vérification intéressante : les coordonnées équatoriales de l'apex sont calculées égales à (270°20', 40°45') tandis que la moyenne des meilleures déterminations est (274°, 38°30').

La Préface est pleine de sagesse : « ..... presque toutes [les hypothèses], suivant le point de vue envisagé et dans une certaine mesure, peuvent satisfaire l'esprit... Il semble toujours possible de trouver une formule à tendance plus ou moins générale qui permet d'embrasser un certain nombre de facteurs connus d'un phénomène et de les relier entre eux d'une façon assez simple pour satisfaire à la fois l'esprit et les faits d'expérience... Dans chaque cas considéré, l'hypothèse, nous ne dirons pas la plus probable, mais seulement la plus séduisante, est celle qui permet de relier entre eux le plus de faits particuliers ».

L'auteur se défend d'avoir « cherché à édifier une hypothèse cosmogonique quelconque ». Mais qu'est-ce, sinon faire pareille hypothèse, que « se représenter, dans un aperçu d'ensemble, la succession d'un certain nombre d'étapes par lesquelles notre système solaire aurait passé » ? Et n'est-ce pas un caractère qui devrait se retrouver dans toute hypothèse cosmogonique d'être présentée « moins comme l'expression d'une vérité, ou même d'une conception spéciale, que comme une sorte d'image qui viendrait concrétiser une manière d'envisager les faits et de se les représenter dans la continuité des temps, de façon à pouvoir ainsi les rendre plus accessibles à la discussion » ?

M. Alliaume.

IV

Bibliographie du Calcul des Variations depuis 1850 jusqu'a 1913, par Maurice Lecat. Un vol. in-8° de iv-113 pages. — Gand, Hoste ; Paris, Hermann, 1913.

Le développement très rapide du Calcul des Variations depuis une vingtaine d'années a inspiré à M. Lecat, auteur d'un article consacré à ce Calcul dans l'Encyclopédie des Sciences mathématiques, l'idée fort heureuse de constituer une bibliographie complète des travaux qui ont immédiatement amené l'efflorescence actuelle. Il a pris pour point de départ 1850, avec les travaux de Ostrogradsky et de Kirchhoff.

Nous rencontrons dans cet ouvrage : 1° Une liste alphabétique par noms d'auteurs avec l'indication précise et minutieuse de leurs travaux. — 2° Une liste chronologique. — 3° Quelques détails statistiques. — 4° La liste des Recueils cités. — 5° La liste des noms d'auteurs avec leurs adresses, les dates, etc...

L'ouvrage de M. Lecat peut être cité comme un modèle de compilation bibliographique, et nous ne pouvons que souhaiter de voir établir sur le même plan les bibliographies d'autres branches de la mathématique.

F. W.

V

Bibliographie du Calcul des Variations depuis les origines jusqu'a 1850, comprenant la liste des travaux qui ont préparé ce Calcul, par Maurice Lecat. Un vol. in-8° de iv-96 pages. Prix : 4.50 fr. — Gand, Hoste ; Paris, Hermann, 1916.

M. M. Lecat a fait paraître en 1913, comme nous venons de le dire, une Bibliographie du Calcul des Variations commençant à l'année 1850. Ses récentes recherches lui ont révélé l'existence d'une centaine de travaux antérieurs à cette date, non consignés dans les recueils bibliographiques connus, et dont quelques-uns sont remarquables. La nouvelle Bibliographie que nous faisons connaître comble, et au delà, cette lacune. Elle signale tous les travaux sur cette matière parus avant 1850. Elle est constituée comme suit :

Une première liste procède par ordre alphabétique des noms d'auteurs ; une seconde liste range les travaux dans l'ordre chronologique ; une troisième réunit par ordre alphabétique les titres des recueils cités. La classification par ordre de matières a été jugée superflue. L'auteur renvoie pour celle-ci à l'article qu'il a consacré au Calcul des Variations dans l'ENCYCLOPÉDIE DES SCIENCES MATHÉMATIQUES.

En appendice figurent les additions (170 travaux) à la Bibliographie de 1850 à 1913, ainsi que quelques corrections. L'auteur mentionne également une trentaine d'ouvrages qu'il n'a pu consulter et qui se rattachent peut-être, au moins partiellement, au Calcul des Variations.

Il est intéressant de noter que pour la période qui précède 1850, sur 480 travaux mentionnés, 183 sont en français, 165 en latin, 70 en allemand, 14 en italien, etc.

L'ensemble des deux recueils de M. Lecat constitue donc une Bibliographie complète du Calcul des Variations. Par le soin extrêmement consciencieux qui a été apporté à sa composition, cet ouvrage est fondamental et définitif : c'est un instrument d'information indispensable et de la plus haute valeur.

F. W.

VI

COURS DE GÉOMÉTRIE ANALYTIQUE, à l'usage de la classe de mathématiques spéciales et des candidats aux Écoles du Gouvernement, par GEORGES MILHAUD et EDOUARD POUGET, anciens élèves de l'École normale supérieure. I. *Géométrie à deux dimensions*. Un vol. in-8° de III-478 pages, avec 344 figures dans le texte et 238 exercices et problèmes proposés. Préface de M. ÉMILE BOREL. — Paris, Félix Alcan, 1914.

« Les programmes par lesquels l'enseignement des mathématiques spéciales a été rendu plus moderne, mieux adapté aux nécessités des diverses sciences pures et appliquées, ont déjà duré assez longtemps pour que l'adaptation de l'enseignement aux modifications qu'ils ont apportées puisse être réalisée dans les meilleures conditions. C'est pourquoi j'ai applaudi à la résolution que vous avez prise de publier ce livre qui vient à son heure et qui sera, je l'espère, suivi de plusieurs autres ; c'est un très bel échantillon de ce que peuvent donner les programmes actuels entre les mains de professeurs distingués et dévoués. »

Cette flatteuse appréciation par le sous-directeur de l'École normale supérieure pourrait suffire pour recommander l'ouvrage aux professeurs et aux élèves de nos classes scientifiques et de nos Écoles spéciales

Nous allons cependant résumer la table des matières qui permet de juger de la *modernité* du Cours. De plus, nous ferons remarquer que les questions délicates, par exemple le principe de l'homogénéité, les règles des signes, les éléments à l'infini, les notions de géométrie projective, etc., sont exposées avec une très grande clarté et sous une forme relativement concise.

I. Principe de l'homogénéité. Construction des formules. Vecteurs. Systèmes de coordonnées. Changement d'axes de coordonnées. Quelques généralités sur les courbes algébriques (pp. 1-33). — II. De la ligne droite. — Inégalités du premier degré. Coordonnées homogènes. Éléments à l'infini. Angles et distances. Éléments imaginaires (pp. 34-74). — III. Rapport anharmonique. Homographie. Involution (pp. 75-101). — IV. De la circonférence de cercle. — Puissance. Faisceaux de cercles. Faisceaux orthogonaux (pp. 102-125). — V. Étude et construction d'une courbe dont l'équation cartésienne est résoluble par rapport à l'une des coordonnées. — Tangente. Concavité. Inflexion. Branches infinies (pp. 126-146). — VI. Courbes dont tous les points ont des coordonnées cartésiennes fonctions données d'un paramètre variable (pp. 147-162). — VII. Courbes d'équation non résoluble (pp. 163-177). — VIII. Courbes algébriques. Courbes unicursales. — Résolution d'une inégalité à deux inconnues (pp. 178-203). — IX. Des coordonnées polaires. — Droite. Cercle. Étude des courbes en coordonnées polaires (tangente, normale, concavité, inflexion, branches infinies) (pp 204-239). — X. Courbes définies par des conditions géométriques. — Théorie des lieux géométriques. Enveloppes. Courbes définies par une équation différentielle (pp. 240-279). — XI. Propriétés intrinsèques des courbes planes. — Arc d'une courbe. Courbure, développées, développantes. Évaluation des aires planes (pp. 280-309). — XII. Généralités sur les courbes du second degré. — Trois genres de coniques d'après leurs points à l'infini. Classification d'après la décomposition en carrés du premier membre de l'équation. Tangente. Points doubles. Équation tangentielle. Pôles et polaires (pp. 310-337). — XIII. Centres, diamètres, axes dans les coniques. Équations réduites. Foyers et directrices (pp. 338-365). — XIV. Étude des coniques à centre sur les équations réduites (pp. 366-404). — XV. Étude de la parabole sur l'équation réduite.

Équation trinome commune aux trois coniques (pp. 405-419). — XVI. Propriétés relatives à des ensembles de coniques. — Transformation par polaires réciproques. Principe de dualité. Intersection de deux coniques. Faisceaux de coniques. Théorème de Desargues. Faisceaux tangentiels. Coniques homothétiques (pp. 420-455). — XVII. Homographie et involution sur une conique. — Représentation paramétrique d'une conique. Rapport anharmonique de quatre points d'une conique. Homographie. Involution sur une conique. Divisions homographiques d'une conique. Notions sur la détermination d'une conique (1) (pp. 456-478).

Chaque chapitre est terminé par des exercices appropriés.

P. Mansion.

VII

Matrices and Determinoids (*University of Calcutta. Readership Lectures*), par C. E. Cullis, M. A., Ph. D., etc. Volume I, in-8°, jésus, de xii-430 pages. Volume II, de xxvi-555 pages, avec 9 fig. dans le texte. — Cambridge, University Press, 1913-1918.

Ce grand ouvrage, dont un troisième volume est annoncé, est une amplification d'un cours professé à l'Université de Calcutta, en 1909-1910. L'auteur s'est proposé d'établir une théorie complète des matrices rectangulaires et des déterminoïdes (qui sont à ces matrices ce qu'un déterminant est à une matrice carrée) et de faire connaître leurs applications dans presque toutes les branches des mathématiques. Pour atteindre ce but, il a fait manifestement un effort considérable.

Le souci de la clarté est constant : il n'est pas une définition, pas un énoncé de propriété qui ne soient accompagnés de plusieurs exemples. Il y a de nombreux exercices. On pourrait même dire qu'en maints endroits il y a profusion d'éclaircissements superflus. On peut espérer, en effet, qu'il ne doit pas déplaire à la catégorie de lecteurs auxquels s'adresse un tel ouvrage, de penser un peu par eux-mêmes et il faut que l'auteur leur en laisse l'occasion.

Les notations auraient pu, elles aussi, en certains endroits, être plus brèves.

(1) Nous avons parfois indiqué des subdivisions d'un chapitre.

En ce qui concerne la terminologie, l'impression qu'on a en feuilletant l'ouvrage confine à la frayeur. Certes, on ne saurait guère faire un reproche à l'auteur de ce que la nomenclature est formidable, car cela tient en grande partie à la nature du sujet (1) ; mais il n'eût pas été impossible cependant de faire un choix plus heureux de certains termes !

Bien que la partie originale soit très importante, on aurait pu donner de nombreux renseignements bibliographiques. L'auteur indique bien, dans la préface du tome II, les Traités de Bôcher, Heffter et Koehler, Muth, Netto, Véronèse, Whitehead, qui ont eu le plus d'influence sur l'ouvrage, mais il ne cite que deux mémoires !

Parcourons rapidement les deux beaux volumes.

Dans une matrice rectangulaire $[a]_m^n$, le nombre des files longues est l'*ordre effectif*. Toute suppression de files donne naissance à une *matrice mineure rangée* (2), qui est dite *simple* si l'on n'a supprimé que des lignes ou que des colonnes. Si l'on permute des files parallèles, on obtient une matrice *dérangée*. Si des éléments en nombre égal à l'ordre effectif sont tels qu'il n'y en ait pas deux dans la même file, leur produit est appelé *produit dérivé complet* (il vaudrait mieux dire *terme* ou *membre*). Le passage d'un élément à un élément contigu est un *pas*.

Si l'on prend la somme (qu'on pourrait appeler *permanoïde)* de tous les produits complets $\alpha\beta\gamma\ldots$, et si l'on affecte alors chacun d'eux d'un signe convenable, on a le *déterminoïde* $(a)_m^n$ de la matrice. On compte le nombre α' des pas à partir de a_{11} jusque l'élément α ; on supprime les files se croisant sur α et on compte alors le nombre des pas conduisant de a_{11} à β ; etc. La somme $\alpha' + \beta' + \cdots$ est l'*affect* de $\alpha\beta\gamma\ldots$ Le signe cherché est celui de $(-1)^{\alpha'+\beta'+\cdots}$; il ne dépend pas de l'ordre des facteurs α, β, ... Un déterminoïde est donc une fonction linéaire des éléments de toute file ; mais la fonction n'est nécessairement homogène que pour les files longues. Pour ces files, les principales propriétés des déterminants sont conservées.

(1) Si quelqu'un s'avisait un jour de construire une théorie un peu complète des déterminoïdes à n dimensions, ou même simplement cubiques, on est effrayé à l'idée de ce que devrait être la terminologie. Il y a quelques années, nous avions posé les fondements d'une telle théorie. Si elle est restée inédite, c'est précisément à cause de la difficulté d'établir une nomenclature présentable.

(2) « *Corranged* ». Pourquoi pas simplement *ranged ?*

Les chapitres II, III et IV sont diffus et peu intéressants.

L'objet du chapitre V (pp. 105-152) est le développement d'un déterminoïde, lequel est égal à la somme algébrique des produits obtenus en multipliant chaque élément affecté de toute file longue par le *déterminoïde mineur rangé complémentaire*. Il y a alors, comme on s'y attend, un théorème de la somme algébrique nulle. La règle de Laplace est généralisée ensuite. Le chapitre se termine par des considérations diffuses et d'un faible intérêt.

Le chapitre VI (pp. 153-208) est consacré aux propriétés d'un produit de matrices. Dans un produit formé par une chaîne de matrices facteurs :

$$[a]_m^{\alpha'} [b]_\beta^{\beta'} [c]_\gamma^{\gamma'} \dots [l]_\lambda^n = [x]_m^n,$$

les lignes de la première matrice facteur et les colonnes de la dernière sont dites files *actives ;* les autres sont les files *passives*. La $k^{ème}$ colonne passive dans une matrice facteur $D = [d]_\delta^{\delta'}$ *correspond* à la $k^{ème}$ ligne dans la matrice facteur suivante $E = [e]_\epsilon^{\epsilon'}$ tant que les $k^{èmes}$ lignes se présentent dans les matrices ; mais si $\delta' > \epsilon$, des colonnes de D, dites *surabondantes,* n'ont pas de lignes correspondantes dans E. — Le produit est de *forme canonique* si : $\alpha' = \beta$, $\beta' = \gamma$, ... On a alors :

$$x_{ij} = \sum_{u=1}^{\alpha} \sum_{v=1}^{\beta} \sum_{w=1}^{\gamma} a_{iu}\, b_{uv}\, c_{vw}\, d_{wj}).$$

Un tel produit est toujours associatif et distributif, mais non en général commutatif. On ramène tout produit à cette forme en ajoutant des files de zéros ou bien en supprimant des files surabondantes. — On établit alors des propriétés des files passives, puis des files actives, notamment au sujet de l'omission ou de l'insertion de telles files. — La fin de ce chapitre est consacrée à des cas particuliers sur lesquels il était superflu d'insister.

Le chapitre VII (pp. 209-247) est consacré au déterminoïde du produit X de matrices facteurs. Si l'une des *passivités* (nombre de files passives) est plus petite que l'ordre effectif η, on a : dét. $X = 0$. Si la passivité de deux matrices consécutives D, E, égale η, on a :

$$\text{dét. (AB ... DE ... ST)} = \text{dét. (AB ... D) dét. (E ... ST)}.$$

On considère alors différents cas particuliers, notamment celui où une matrice facteur est carrée d'ordre η et celui où les deux *activités* sont égales.

Le chapitre VIII (pp. 248-264) est relatif aux matrices de déterminants mineurs.

L'étude du rang d'une matrice et des relations entre les files fait l'objet du chapitre IX (pp. 265-298). Le rang est le plus grand ordre que puisse avoir un déterminant mineur non nul. Si le rang est moindre que l'ordre effectif, la matrice est dite dégénérée. On dit qu'il y a relation entre les lignes d'une matrice d'éléments constants, quand il existe des nombres $h_1, h_2, \ldots, h_m$ qui ne sont pas tous nuls et tels qu'on ait le système des m équations :

$$h_1 a_{1\mu} + \cdots + h_m a_{m\mu} = 0 \qquad (\mu = 1, 2, \ldots, m);$$

si $h_i \neq 0$, la $i^{ème}$ ligne est *liée* aux autres. Parmi les nombreuses propriétés démontrées, signalons les suivantes :

Si r est le rang de la matrice A et si Δ_r est un déterminant dérivé d'ordre r : A) les lignes de A qui se présentent dans Δ_r sont indépendantes ; B) toutes les autres lignes sont liées avec celles qui se présentent dans Δ_r. Il est possible de trouver r (mais pas plus de r) files indépendantes de chaque espèce ; chacune des matrices est liée avec celle-là. Si toutes les lignes d'une matrice A sont liées avec r d'entre elles, le rang de A ne peut dépasser r ; si ces r files sont elles-mêmes indépendantes, le rang est r ; et réciproquement. Le rang d'une matrice reste inaltéré, si on la multiplie par une matrice carrée non dégénérée, à condition que le produit formé soit canonique.

On considère ensuite le cas où les éléments sont des fonctions rationnelles et entières de certaines variables.

Le chapitre X (pp. 299-363) contient une étude détaillée des équations matrices du premier degré : A X B = C, en désignant par A, B et C des matrices connues, à coefficients constants, X étant la matrice inconnue dont les éléments sont à déterminer. Après avoir pris de nombreux cas particuliers, on étudie l'équation

$$[a]_m^\rho \; [x]_\rho^\sigma \; [b]_\sigma^n = [c]_m^n ;$$

si les matrices *augmentées :*

$$A' = [a, c]_m^{\rho, n}, \qquad B' = \begin{bmatrix} b \\ c \end{bmatrix}_{\sigma, m}^n$$

ont pour rangs r et s, en supprimant $m - r$ lignes correspondantes de A et de C, et $n - s$ colonnes correspondantes de B et de C, l'équation se ramène à la forme irréductible :

$$[a]_r^\sigma \, [x]_\rho^\sigma \, [b]_\sigma^s = [c]_{-n}^{-s}.$$

Pour que l'équation AXB = C ait une ou plusieurs solutions finies, il faut et il suffit que A ait le même rang que A et B le même rang que B ; si ces rangs sont r et s, la solution générale exprime rs des éléments inconnus en fonctions linéaires des $\rho\sigma - rs$ autres éléments inconnus, de valeurs arbitraires.

Pour que AXB = 0 ait des solutions non nulles, il faut et il suffit que le rang d'une des matrices facteurs extrêmes soit plus petit que sa passivité.

Il est aisé de voir que la résolution d'un système d'équations linéaires (qui fait l'objet du chapitre XI) est un cas particulier du problème précédent. En y appliquant les théorèmes du chapitre X, on retrouve bien les règles connues de la résolution de ces équations.

Le chapitre XII (pp. 1-36 du volume II) traite notamment des matrices *composées*. On y étudie l'élimination d'une variable dans un système d'inégalités. On cherche les rangs possibles d'une matrice contenant une matrice mineure donnée.

Au chapitre XIII (pp. 37-106), qui est complété par l'appendice A (pp. 515-520), on recherche les relations entre les éléments et les déterminants mineurs d'une matrice. On démontre les identités de Sylvester, ainsi que d'autres.

Le chapitre XIV (pp. 107-164) est relatif à certaines propriétés des matrices carrées et notamment des matrices symétriques ou symétriques gauches. On donne des critères pour la détermination de leur rang. L'appendice B (pp. 521-530) traite du pfaffien d'une matrice.

On s'occupe ensuite (pp. 164-227) des rangs possibles des matrices produits et des matrices facteurs d'une matrice produit, quand quelques-unes de ces matrices sont données ou ont des rangs donnés. Après avoir pris divers cas particuliers, on donne quelques indications pour trouver les solutions d'une équation matrice $X_1 X_2 \ldots X_n = C$. On définit les *équivalences* des matrices, sur lesquelles repose la notion très originale d'une *région* (*spacelet*) ou sous-espace d'un espace homogène. On étudie les relations entre matrices et régions.

Le chapitre XVI (pp. 229-308) donne les propriétés générales

des *transformations équigrades* d'une matrice à éléments constants. Elles correspondent aux transformations linéaires ordinaires de formes bilinéaires et de formes quadratiques. On considère en particulier les transformations *unitaires* et *semi-unitaires*. On établit certaines propriétés nouvelles des matrices symétriques ou symétriques gauches.

Le chapitre XVII (pp. 309-377) traite des équations matrices du 2me degré : XY = AB, XY = C et en particulier symétriques, telles que

$$\overline{\underline{x}}^{s}_{m}\,[x]^{m}_{s} = \overline{\underline{a}}^{r}_{m}\,[a]^{m}_{r},$$

$[a]^{m}_{r}$ ayant le rang r et $\overline{\underline{x}}^{s}_{m}$ ayant pour lignes les colonnes de $[x]^{m}_{s}$.

Une matrice non dégénérée est *extravagante* quand la somme des carrés de ses simples déterminants mineurs est nulle. L'*extravagance* de $[a]^{n}_{r}$ est l'excès de l'ordre effectif sur le rang du produit $[a]^{n}_{r} \cdot \overline{\underline{a}}^{r}_{n}$. Ces notions sont étudiées au chapitre XVIII (pp. 378-462). L'extravagance d'une région est le degré de son *orthogonalité* avec elle-même ; cette notion est la plus importante après le rang. A chaque région sont associées deux régions ayant chacune la plus grande extravagance compatible avec son rang : l'une est le lieu des points en lesquels la région touche la quadrique absolue, l'autre est la plus petite région contenant la région donnée et tous les points orthogonaux avec elle.

Dans ce chapitre on complète la détermination de tous les systèmes possibles de solutions indépendantes, mutuellement orthogonales d'un système quelconque d'équations linéaires algébriques homogènes (cf. chap. IX). L'appendice C (pp. 531-534) se rattache à ce chapitre si original.

On s'occupe enfin (pp. 463-514) de l'*orthotomie* de deux régions, c'est-à-dire de leur orthogonalité mutuelle.

Les Index (pp. 419-430 et pp. 535-555) sont détaillés et très utiles, car ils donnent des listes synoptiques de propriétés.

Le troisième tome, qui promet plus d'intérêt encore que les deux présents, contiendra des applications diverses et notamment à l'analyse vectorielle et à la théorie des invariants.

M. Lecat.

VIII

Détermination du point par relèvement. *Méthode du service hydrographique de la marine, dite du « point approché »*, par E. Balu. Un vol. in-8° de VI-57 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Le terrain topographique est rapporté à un système d'axes rectangulaires (x, y, z), dont l'axe des z est vertical. On connaît les coordonnées x, y de points plus nombreux que trois, et visibles d'un point proposé, dit point de station. De celui-ci on mesure les différences des azimuts des points connus. On demande les coordonnées x, y du point de station. Tel est le problème dont M. Balu expose, d'une manière très détaillée, une solution due à Ph. Hatt et dont le *Manuel de l'officier orienteur d'Artillerie* ne parle que trop brièvement.

Cette solution consiste dans la détermination d'un *point approché*, au moyen, par exemple, de trois quelconques des points visés ; dans la considération deux à deux de tous ces points ; dans le tracé de la tangente à la circonférence déterminée par les deux points considérés et le point approché, et dans le déplacement de cette droite parallèlement à elle-même d'une quantité facile à calculer et qui assure son passage par le point demandé. Toutes les droites ainsi obtenues, et dont chacune correspond à une association deux à deux des points visés, se coupent dans une zone d'autant moins étendue que les observations ont été plus précises ; on choisit dans cette zone, pour le point de station demandé, celui qu'une brève discussion des observations fait estimer le plus avantageux.

Le but de M. Balu a été d'exposer cette méthode avec assez de détails sur chacune des opérations qu'elle comporte pour que tout topographe puisse l'appliquer sans hésitation et sans effort. Il y a parfaitement réussi. Ce petit livre de 57 pages prévient toutes les difficultés, diminue autant que possible les chances d'erreur. Les dispositions de calcul qui y sont recommandées sont très heureusement conçues et réalisées en un de ces tableaux tout préparés dont on ne pourrait trop conseiller l'emploi aux topographes à propos de chacun des problèmes dont leur science se compose. Mais, dans la résolution du problème actuel, en particulier, un nomogramme, dont la construction ne paraît pas difficile, n'allégerait-il pas de beaucoup la tâche du calculateur ?

Quant au principe même de la méthode, il resterait à l'étudier du point de vue théorique, d'une manière approfondie, plus qu'il n'était dans les intentions de l'auteur. A chaque visée correspond une équation avec, pour inconnues, les coordonnées du point de station et l'azimut, par exemple, de l'un quelconque des points visés. Les inexactitudes dans les coordonnées de ces points et les erreurs inévitables d'observation empêchent ces équations, plus nombreuses que trois et à trois inconnues, d'être compatibles. La résolution de trois quelconques d'entre elles donne des coordonnées provisoires du point demandé : ce sont les coordonnées du point approché. Leur connaissance permet, par des développements en série, la transformation des équations des lignes de visée en équations linéaires ; et l'application, à ces équations linéaires, de l'une des méthodes de la théorie des erreurs, fournit les coordonnées les plus avantageuses du point de station. Telle est la méthode *naturelle* de détermination du point par relèvement. Mais on comprend fort bien que, en présence des calculs si étendus qu'entraîne l'application de la théorie des erreurs, les praticiens aient cherché des procédés plus rapides, appuyés sur quelque artifice. L'étude de la méthode de Hatt, considérée, si elle s'y prête, comme un artifice coupant au court les longs calculs de la méthode générale, serait pleine d'intérêt.

L'ouvrage qui vient d'être analysé est le troisième fascicule d'une série intitulée *Géodésie topométrique*. D'après quelques renvois qui leur sont faits, le premier fascicule semble renfermer des généralités sur les levers topographiques, et le deuxième paraît traiter de la détermination du point dans le cas de seulement trois points visés : c'est le problème de Pothenot. Le Bulletin des publications de la librairie Gauthier-Villars confirme ceci, et ces deux fascicules paraîtront ultérieurement.

M. Alliaume.

IX

La probabilité dans les tirs de guerre, par Jean Aubert, Lieutenant d'Artillerie ; avec une préface de M. M. d'Ocagne, Professeur à l'École Polytechnique. Un vol. gr. in-8° de viii-129 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

En juillet 1914, M. Jean Aubert achevait sa première année

d'études comme élève à l'École Polytechnique (1); ainsi que tous ses camarades, il était mobilisé, le 2 août, comme sous-lieutenant d'artillerie et envoyé tout aussitôt au front. Esprit sérieux et réfléchi, tout en faisant vaillamment son devoir de soldat — ce qui lui a valu la Légion d'honneur et la Croix de guerre — le lieutenant Aubert s'est vivement préoccupé des moyens propres à assurer la plus grande efficacité du tir du canon. Séduit par les étonnantes ressources qu'offre à cet égard l'application du calcul des probabilités, il s'absorba, à ses heures de repos, dans l'étude des principes de cette science et entrevit, au contact même de la réalité, une façon nouvelle d'y faire appel en vue de cette application.

C'est là ce qui a permis à l'auteur de la préface de dire : « Le présent ouvrage offre cette originalité de n'avoir pas été élaboré dans le silence du cabinet, mais conçu, peut-on dire, dans le feu de l'action, par un jeune officier d'artillerie pratiquant, pendant quatre ans et demi, des tirs de guerre et se pénétrant sur place des conditions où s'offrent, dans la pratique, les problèmes que ce tir soulève ».

Atteint d'une grave blessure qui l'immobilisa pendant quelque temps, le lieutenant Aubert mit à profit ces loisirs forcés pour coordonner ses idées et en rédiger un exposé d'ensemble que son maître à l'École Polytechnique, le lieutenant colonel d'Ocagne (qui, en outre, avait eu le jeune officier militairement sous ses ordres pendant plusieurs mois de la guerre) jugea digne d'intéresser tous les spécialistes et, par suite, de revêtir la forme imprimée. Telle est la genèse de ce petit ouvrage que M. d'Ocagne s'est fait un plaisir de présenter lui-même au public, dans une préface où il s'attache à mettre en relief les conceptions originales de l'auteur ; nous ne croyons pouvoir mieux faire pour fournir une analyse bibliographique de l'ouvrage que d'emprunter à cette préface les passages suivants :

« Avec un sens très juste de la réalité, l'auteur a cherché à s'affranchir de deux conventions très répandues qui s'opposent à ce que l'on serre d'assez près ces importants problèmes et qui consistent, la première, à n'envisager que des tirs comprenant un très grand nombre de coups (théoriquement une infinité) ; la seconde, à admettre pour chacun d'eux l'existence d'un point moyen fixe et invariable.

(1) Après une deuxième année d'études, faites depuis la guerre, M. Aubert est sorti de l'École Polytechnique dans le Corps des Ponts et Chaussées.

» Après une première partie consacrée à l'étude et à la généralisation des grandeurs éventuelles du colonel Henry, auxquelles il a constamment recours dans la suite, l'auteur s'affranchit de la première des deux hypothèses sus-visées par la considération des points moyens apparents relatifs à un petit nombre de coups. La notion d'erreur de la hausse, qui est à la base de l'étude des procédés de tir, en découle tout naturellement. C'est l'objet de la deuxième partie, où, dans le seul but de faciliter l'exposition des questions, en allant du simple au composé, l'auteur suppose provisoirement l'existence d'un point moyen invariable. Il y étudie, en plus des diverses méthodes de tir, la question de la précision des déterminations de l'écart probable d'un canon et les divers problèmes soulevés par le tir simultané de plusieurs pièces : régimage, réglage par pièce ou par salve, et mesure de l'écart probable dans la salve.

» Ayant ainsi classé les divers problèmes à résoudre et les ayant étudiés dans le cas le plus simple, il aborde dans la troisième partie l'examen du tir dans une atmosphère variable. Il le considère alors comme la mesure imprécise d'une grandeur variable. Un examen rapide des conditions de cette variation le conduit à envisager particulièrement deux formes — variation linéaire et variation au hasard — et à reprendre dans ces deux hypothèses les problèmes précédents.

» Dans la quatrième partie, il étudie le tir réel, en se libérant des dernières hypothèses faites précédemment, par une analyse sommaire des phénomènes dus au flambage, à la non-homogénéité des lots, à l'encuivrage, à l'imprécision des données, aux dimensions de l'objectif et aux chances d'erreurs matérielles. L'amplitude de ces problèmes pourrait entraîner à des développements considérables. Le lieutenant Aubert se contente de les effleurer et d'en traiter seulement quelques cas à titre d'exemple ; leur complexité ne s'accommode plus des solutions rigides, et l'auteur a su très heureusement modifier les résultats précédents pour qu'ils restent applicables ; ce n'a pas été là la partie la moins lourde de sa tâche.

» L'étude de la loi de Gauss devait nécessairement trouver sa place dans un ouvrage ayant trait au tir de l'artillerie. Après l'avoir admise sans en rappeler l'origine, trop familière aux artilleurs, l'auteur a cru utile d'en donner une justification, non pas mathématique, mais, en quelque sorte, physique, en se fondant sur des résultats de calculs développés en annexe.

» Il a enfin eu l'heureuse idée de terminer cette dernière partie

par l'étude des procédés à employer pour combiner les résultats obtenus dans différents tirs, et celle des principes qui sont à la base de toute statistique rationnelle. La statistique jointe au calcul des probabilités est en effet la méthode propre de la science du tir. Bien employée, elle permet de faire donner par l'expérience les réponses relatives aux diverses parties d'une question à laquelle celle-ci ne saurait répondre en bloc.

» Le souci de rester clair pour le plus grand nombre possible de lecteurs l'a enfin conduit à rejeter en annexe une question où une large intervention du calcul était indispensable : celle de la sommation des grandeurs éventuelles de forme exponentielle, qui le conduit à des conclusions intéressantes sur la sommation des grandeurs éventuelles de forme quelconque.

» Dans son ensemble, le travail du lieutenant Aubert nous semble une importante contribution à l'application du calcul des probabilités aux problèmes de tir envisagés d'un point de vue strictement pratique.

» Le simple énoncé de son programme suffit à faire connaître son orientation générale. L'originalité et la profondeur des aperçus qui s'y rencontrent sont faites pour surprendre chez un si jeune auteur, même en faisant la part de la maturité que les événements ont pu apporter à sa pensée. Elles attestent chez lui un sens critique rare à son âge, doublé d'une incontestable habileté à manier l'outil analytique. Nous nous plaisons à y reconnaître, à l'aube de la carrière de ce jeune officier, le gage d'un avenir plein de promesses. »

Nous ne pouvons ici que nous associer au témoignage ainsi rendu par le maître à son élève.

PH. DU P.

X

HISTORY OF THE THEORY OF NUMBERS. Volume I. *Divisibility and Primarity*, par LEONARD EUGENE DICKSON. Un vol. in-8° de XII-486 pages. — Carnegie Institution of Washington, 1919.

Ce beau volume constitue le premier tome de la publication n° 256 de l'Institution Carnegie à Washington.

Comme le dit l'auteur, la théorie des nombres, qui a excité un intérêt continu depuis Pythagore jusqu'à nos jours, se prête particulièrement bien à être exposée dans l'ordre chronologique. La tâche n'est cependant pas aisée, loin de là !

La manière à la fois la plus simple et la plus exacte de décrire cet ouvrage est de constater qu'il pourrait être considéré comme constituant une excellente édition de certains des articles sur la théorie des nombres de l'*Encyclopédie des Sciences mathématiques pures et appliquées*. Si donc on entreprend un jour (comme il en fut question dès avant la guerre et comme il est à espérer qu'on le fera) la publication en langue anglaise de cette savante compilation, l'article sur la théorie des nombres sera tout rédigé : il n'y aura qu'à prendre l'*History* et modifier un peu le titre en mettant simplement *Theory of numbers*. On peut ajouter que l'ouvrage de Dickson figurera avec honneur dans l'ensemble.

L'auteur a compulsé patiemment tous les grands recueils bibliographiques, ce qui lui a permis d'être singulièrement plus complet que les articles correspondants de l'*Encyclopédie*, qui sont cependant déjà de grande valeur. Dans le cas de livres et de recueils peu accessibles, il a donné quelques indications sur les démonstrations ; dans les autres cas, elles ne sont exposées (en résumé) que lorsque c'est nécessaire pour différencier plusieurs mémoires conduisant aux mêmes résultats. C'est ainsi également qu'on a procédé dans l'*Encyclopédie*. Point important, l'auteur, qui a lu beaucoup de travaux, a aussi bien discerné les résultats principaux de ceux qui sont secondaires ; cependant il semble que certains mémoires auxquels il n'a consacré que quelques lignes, mériteraient un exposé un peu plus développé.

Pour certains savants, le plus souvent pour ceux du moyen âge, on indique les années de naissance et de mort. A notre avis, cela devrait toujours se faire et nous avons bien souvent regretté que nous n'ayons pas pu procéder ainsi dans l'*Encyclopédie*. Une date est toujours un renseignement à la fois précieux et peu encombrant : il est souvent intéressant de savoir à quel âge tel auteur a fait telle découverte.

Après ces éloges, nous sommes plus à l'aise pour faire quelques critiques de détail. D'abord en ce qui concerne la forme.

Il n'y a qu'une sorte de caractères pour le grand texte et une sorte pour les notes, tandis que dans l'*Encyclopédie* les noms de personnes sont en italiques, ce qui est préférable.

Les notes ne donnent jamais que les références bibliographiques. Les périodiques y sont désignés abréviativement, à très peu près comme dans l'*Encyclopédie ;* on peut regretter qu'il n'y ait pas identité complète. Les notations ne sont pas d'une uniformité absolue ; par exemple, page 7 est écrit : tantôt p. 7, tantôt simplement 7 ; une fois on lit p. 67-9, une autre fois

p. 67-69 (ou 67-69). Lorsqu'il suit une tomaison, le millésime devrait se trouver entre parenthèses : la clarté y gagnerait sans que la complication typographique soit fort accrue : 125 (1911), p. 215 vaut mieux que 125, 1911, 215. Il y a en outre assez bien de négligences de détail, comme on en trouverait difficilement une dizaine dans tout ce qui a été publié de l'*Encyclopédie* sous la direction si efficace du regretté J. Molk († 1914).

Enfin, en ce qui concerne le fond, en regardant à la loupe, on trouve de-ci de-là quelques inexactitudes. Mais dans une œuvre gigantesque édifiée par un auteur seul, le contraire serait bien étonnant.

Voici les titres des vingt chapitres, seules subdivisions de l'ouvrage :

I (pp. 3-50). Nombres parfaits et amiables (440 références bibliographiques) ;

II (pp. 51-58). Formules pour le nombre et la somme des diviseurs ; problèmes de Fermat et de Wallis (70 références) ;

III (pp. 59-103). Théorèmes de Fermat et de Wilson ; généralisations et réciproques ; fonctions symétriques de 1, 2, ..., $p-1$ par rapport au module p (315 références) ;

IV (pp. 105-112). Résidu de $(u^{p-1}-1) : p$ pour le module p (50 références) ;

V (pp. 113-158). La fonction φ d'Euler, généralisation ; séries de Farey (250 références) ;

VI (pp. 159-179). Fractions décimales périodiques ; facteurs de $10^n \pm 1$ (170 références) ;

VII (pp. 181-222). Racines primitives ; congruences binomiales (240 références) ;

VIII (pp. 223-262). Congruences supérieures (165 références) ;

IX (pp. 263-278). Divisibilité de factorielles ; coefficients polynomiaux (135 références) ;

X (pp. 279-325). Somme et nombre des diviseurs (205 réf.) ;

XI (pp. 327-336). Divers théorèmes sur la divisibilité ; le *p. g. c. d* ; le *p. p. c. m* (75 références) ;

XII (pp. 337-346). Critères pour la divisibilité par un nombre donné (160 références) ;

XIII (pp. 347-356). Tables de facteurs ; tables de nombres premiers (120 références) ;

XIV (pp. 357-374). Méthodes de factorisation (150 références) ;

XV (pp. 375-380). Nombres de Fermat $2^{2^n}+1$ (65 réf.) ;

XVI (pp. 381-391). Facteurs de $a^n \pm b^n$ (115 références) ;

XVII (pp. 393-411). Séries récurrentes ; u_n et v_n de Lucas (165 références) ;

XVIII (pp. 413-440). Théorie des nombres premiers (280 réf.) ;

XIX (pp. 441-451). Inversion de fonctions ; fonction $\mu(n)$ de Möbius ; intégrales et dérivées numériques (65 références) ;

XX (pp. 453-465). Propriétés des chiffres de certains nombres (140 références).

Ces vingt chapitres correspondent à autant de parties de la théorie et chacun constitue un exposé chronologique, concis et qui doit être à peu près complet.

Il y a en tout environ 3375 références. C'est dire combien riche est la documentation ! On peut se représenter le labeur immense que cela a dû demander à l'auteur. Nous savons par expérience combien fatigantes sont les recherches bibliographiques et vraiment il y a lieu d'être reconnaissant à M. Dickson de la peine énorme qu'il a assumée dans l'intérêt de la Science.

Le volume se termine par un Index (pp. 467-483) des noms, classés alphabétiquement pour chacun des chapitres. On peut regretter que, contrairement à l'usage, dans les noms à particule, celle-ci détermine l'ordre alphabétique et que, par exemple, d'Alembert, de La Hire, de Montferrier, de Paoli se trouvent sous la lettre D! Le dernier volume contiendra un Index général des noms d'auteurs, les moins importants étant omis — à tort peut-être.

Il y a aussi un Index systématique (pp. 484-486).

L'auteur invite les lecteurs à lui adresser des corrections, additions, etc., qui serviront, comme dans l'*Encyclopédie,* à rédiger des compléments ; ils paraîtront dans le dernier tome de l'ouvrage. Cette idée est très heureuse et devrait être appliquée à tous les travaux en plusieurs volumes ou susceptibles de plusieurs éditions. Les lecteurs compétents ont le devoir de contribuer, si peu que ce soit, au perfectionnement d'une œuvre dont ils profitent.

En résumé, le premier tome, que M. Dickson a pu mener à bonne fin après sept années d'un labeur persévérant, est un travail très considérable et qui, malgré quelques imperfections, commande l'admiration et surtout la reconnaissance.

M. Lecat.

XI

Optique physique, par R. W. Wood, professeur à la John Hopkins University. Ouvrage traduit de l'anglais d'après la deuxième édition, par H. Labrouste, Agrégé de l'Université, et H. Vigneron, Licencié ès sciences physiques. Tome II : *Étude des radiations.* — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Il a été rendu compte dans la Revue (1) du premier volume de ce très intéressant ouvrage. Rappelons seulement ici qu'on ne doit point s'attendre à y trouver le sévère enchaînement logique et l'ordonnance parfaitement équilibrée qu'on a l'habitude d'exiger d'un manuel français. La marche de l'auteur américain est beaucoup plus libre et le choix de ses développements s'inspire de règles infiniment plus élastiques. C'est justement ce qui rendait la traduction française particulièrement souhaitable. On y trouve, en effet, quantité d'aperçus ingénieux, d'ordre expérimental surtout, et des problèmes d'un très haut intérêt qu'on chercherait en vain dans les traités classiques. Tels sont notamment les beaux travaux de l'auteur sur la fluorescence et sur les spectres dits *de résonance.*

L'édition française a même été enrichie par M. Wood de plusieurs paragraphes additionnels sur les sujets suivants :

Transmission des radiations de grande longueur d'onde à travers les lames minces d'argent.

Expériences de Dunoyer sur la fluorescence de la vapeur de sodium.

Spectres de résonance de la vapeur d'iode. Excitation multiple.

Polarisation de la lumière dans les spectres de résonance de la vapeur d'iode.

Application de la fluorescence : transformateur de lumière.

Emprisonnement de la fluorescence par réflexions internes ; sa libération.

Rayonnement de résonance ; diffusion d'absorption par les vapeurs de mercure et de sodium.

Ce dernier groupe forme un Appendice après le dernier chapitre.

Voici maintenant le contenu et la distribution du volume :

Ch. XIII. *Théorie de la réflexion et de la réfraction.* Théorie

(1) T. LXXIII, avril 1913, p. 631.

électromagnétique de la lumière. Réflexion. Réfraction. Réflexion totale.

Ch. XIV. *Théories de la dispersion.* Généralités. Formules de Helmholtz et de Ketteler. Vérifications. Rayons restants. Étude de la dispersion et de l'absorption à l'intérieur d'une bande d'absorption. Formule électromagnétique de la dispersion. Réflexion sélective. Radiations de grande longueur d'onde. Étude optique des vapeurs de sodium et de mercure. Expériences sur l'hydrogène.

Ch. XV. *Absorption de la lumière.* Généralités. Lois de l'absorption. Corps à couleur superficielle. Modifications dans la position des bandes d'absorption. Absorption par les gaz et les vapeurs. Absorption par diverses substances. Considérations théoriques.

Ch. XVI. *Propriétés optiques des métaux.* Réflexion et absorption métallique. Considérations théoriques. Pouvoir réflecteur des métaux. Réfraction et extinction métallique. Théorie de Drude. Propriétés électriques des métaux.

Ch. XVII. *Polarisation rotatoire.* Phénomènes généraux. Théorie de Fresnel. Vérifications expérimentales. Considérations théoriques. Théorie de Drude. Cas des milieux absorbants.

Ch. XVIII. *Magneto-optique.* Polarisation rotatoire magnétique. Phénomène magnéto-optique de Kerr. Étude détaillée du phénomène de Zeeman. Considérations théoriques. Vérifications expérimentales. Spectres de rotation magnétique. Rotation et double réfraction au voisinage des bandes d'absorption.

Ch. XIX. *Électro-optique.* Phénomène de Kerr. Actions photoélectriques.

Ch. XX. *Transformation des radiations absorbées.* Fluorescence. Phosphorescence. Considérations théoriques. La fluorescence des vapeurs et les spectres de résonance. Transformations moléculaires et chimiques produites par les radiations.

Ch. XXI. *Lois du rayonnement.* Généralités. Émission et absorption par les gaz, par les liquides et par les solides. Loi de Kirchhoff. Corps noir. Pression des radiations. Loi de Stefan. Applications. Lois de Wien. Formule de Planck.

Ch. XXII. *Diffusion de la lumière par les petites particules de matière. Résonance optique.* Généralités. Formule de Lord Rayleigh. Phénomènes divers dus à la résonance optique.

Ch. XXIII. *Nature de la lumière blanche.* Hypothèses diverses. Analyse de la lumière blanche par les réseaux et les prismes.

Ch. XXIV. *Mouvement relatif de l'éther et de la matière.*

Ch. XXV. *Le principe de relativité.* V. S.

XII

Études de Photochimie, par Victor Henri. Un vol. de 218 pages (25 × 16). — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Hartley et Hutington ont montré en 1879 qu'un grand nombre de corps organiques incolores possèdent des bandes d'absorption dans la région ultra-violette du spectre.

Hartley étudie ces spectres d'absorption, en déterminant pour diverses solutions, de concentration et d'épaisseur variables, les limites de l'absorption. Au moyen du spectrographe en quartz on photographie, sur une même plaque, les différents spectres, et les résultats sont, en général, représentés graphiquement comme l'ont proposé Baly et Desch, en portant en ordonnées les épaisseurs de la couche traversée et en abscisses les fréquences d'oscillation des limites des bandes d'absorption.

Les travaux sur les spectres d'absorption des composés organiques incolores dans la région ultra-violette sont très nombreux, ils sont dus principalement à l'école de Hartley, qui a pu établir que les corps de constitution analogue possèdent des spectres d'absorption voisins.

Mais la méthode de Hartley est purement qualitative ; M. V. Henri et ses collaborateurs ont entrepris depuis quelque temps l'étude quantitative de l'absorption des rayons ultra-violets et infra-rouges et ces travaux ont permis, notamment, de résoudre, dans de nombreux cas déjà, le problème du calcul du spectre d'absorption ultra-violet à partir de la formule de constitution chimique.

D'après toutes les théories actuelles, l'absorption, c'est-à-dire, le changement d'amplitude que subit une onde électromagnétique lorsqu'elle pénètre dans un milieu matériel, est ramenée à des phénomènes de résonance entre les vibrations de l'onde incidente et certains vibrateurs qui sont, soit des molécules, soit des groupements atomiques, soit des atomes isolés, soit même des électrons.

M. V. Henri montre qu'il est possible de représenter avec une grande approximation la forme des courbes d'absorption pour une série de corps suffisamment simples par la formule de Ketteler Helmholtz :

$$2n\epsilon = \frac{agg'\lambda^2}{(\lambda^2 - \lambda_\mu^2)^2 + g^2\lambda_\mu^2}$$

où ϵ est le coefficient d'absorption moléculaire défini par la loi de Beer : $I = I_0 . 10^{-\epsilon c d}$, c étant la concentration moléculaire et d l'épaisseur traversée ;

$$a = \frac{4\pi M \log e}{1000},$$

où M est le poids moléculaire, la densité g est une constante qui représente la largeur de la bande mesurée pour

$$\epsilon = \frac{\epsilon_u}{2}$$

où ϵ_u est la valeur de l'absorption pour le maximum de la bande, λ_u correspond au maximum de la bande, g' est une constante proportionnelle au nombre de vibrateurs par molécule et au rapport $\frac{e}{m}$ de ces vibrateurs.

En étudiant les courbes d'absorption de composés assez simples, tels que les alcools, les cétones, les aldéhydes, le benzène et ses dérivés, M. V. Henri a pu déduire deux lois importantes :

1° Pour tous ces corps, les fréquences des bandes d'absorption dans la région ultra-violette, sont des multiples entiers des fréquences des bandes dans l'infra-rouge.

2° Les corps qui présentent plusieurs bandes dans l'infra-rouge, ont aussi plusieurs bandes dans l'ultra-violet dont les fréquences sont égales aux mêmes multiples entiers des fréquences dans l'infra-rouge.

Pour des molécules plus complexes, l'étude d'un grand nombre de corps permet d'établir la loi suivante :

Lorsque la molécule d'un corps contient deux chromophores, ce corps possède les bandes d'absorption caractéristiques de ces chromophores ; si ces groupes sont voisins dans la molécule, la position des bandes est déplacée vers le rouge et l'intensité de l'absorption n'est que faiblement modifiée ; si ces chromophores sont éloignés les uns des autres, la position des bandes n'est pas modifiée mais la valeur de l'absorption est augmentée.

Et, de tous les exemples étudiés, on a déduit les règles générales suivantes :

a) Chaque groupement atomique possède dans l'infra-rouge et dans l'ultra-violet un certain nombre de bandes telles que l'on ait entre leurs fréquences la relation

$$V'_r = nV'_v \qquad V''_v = nV''_v \qquad V'''_v = nV'''_v \ldots \text{ etc.}$$

b) Lorsqu'un corps possède dans sa molécule d'autres groupements atomiques, il présentera dans l'infra-rouge des bandes V'_r V'_r V'''_r et dans l'ultra-violet des bandes de fréquence V_v V'_v V''_v telles que l'on ait les relations :

$V'_v = (n - r) V'_r$, $V''_v = (n - r) V''_r$, $V'''_v = (n - r) V'''_r$

où r est aussi un nombre entier.

c) La valeur de r qui caractérise le déplacement des bandes dépend de la distance dans la molécule des groupes actifs et de la nature de ces groupes.

Pour pouvoir calculer le spectre d'absorption de tous les corps à partir de leur formule de constitution, on devra arriver à établir une table contenant les caractéristiques de chaque chromophore. Ce calcul a déjà été fait pour une série de corps et il s'applique avec une grande exactitude. Ainsi, aux dépens du spectre de l'acide acétique, M. V. Henri a pu calculer le spectre de sept acides différents, de l'acétone, de plusieurs cétones simples, d'acides cétoniques, etc.

Le problème de l'établissement de la structure chimique, d'après l'étude des courbes d'absorption, est donc résolu.

Et la sensibilité de la méthode d'absorption est supérieure à toutes les autres, car l'auteur a établi que si la variation du coefficient d'absorption moléculaire est additive dans l'infra-rouge, dans l'ultra-violet, au contraire, le coefficient d'absorption varie suivant une loi logarithmique, de sorte que les anomalies d'origine constitutive, au lieu de s'additionner, sont multipliées par un coefficient d'exaltation.

P. Bruylants.

XIII

Physique, *Cours expérimental et moderne.* Tome I : *La Pesanteur.* Tome II : *Les ondes sonores, thermiques, lumineuses.* Tome III : *Électricité,* par J. Gorlia, professeur au Collège patronné de Binche. — Louvain, J. Feyaerts, 1919.

L'auteur de ce manuel s'inspire des idées directrices suivantes : il faut que l'enseignement soit vraiment fondé sur l'expérience et vivifié par les théories modernes ; il faut éviter les longues descriptions de machines ; il faut donner la préférence aux expériences simples, nécessitant aussi peu que possible d'appareils spéciaux et coûteux ; les appareils doivent pouvoir être construits facilement, être verticaux quand c'est

possible, être permanents ; enfin, comme méthode : on présente les faits, on en déduit les lois, on propose une explication, on signale les applications.

On ne peut que souscrire à ce programme, et on doit féliciter l'auteur de l'avoir réalisé. Dans la partie *Électricité* on trouve, par exemple, la description de l'interrupteur électrostatique, la règle de Maxwell (règle du tire-bouchon), la règle de la main droite, l'étude des phénomènes de grande fréquence, de la T. S. F., de la télémécanique sans fil, de la décharge dans les gaz raréfiés, des champs tournants, des courants triphasés, etc. Tout cela est expliqué avec une clarté remarquable : on se rend compte que l'auteur nous présente ici le fruit d'une expérience acquise au cours d'un professorat laborieux et fécond.

D'autre part, ce manuel partage le sort de la généralité des ouvrages de première rédaction. Certains détails gagneraient à être retouchés. Ainsi, en vue surtout des applications à d'autres domaines des sciences naturelles, des parties comme la *capillarité, l'osmose et phénomènes connexes,* pourraient être exposées avec un peu plus d'ampleur. Une amélioration pourrait être apportée également à certaines figures insérées dans le texte. Ce point particulier n'est pas à négliger, car, dans un traité de physique, l'importance des figures est considérable. Dans le manuel de M. Gorlia les figures sont très explicatives, mais pour un certain nombre on pourrait avantageusement et sans nuire à la clarté, réduire l'échelle.

Toutefois cette remarque ne vise pas l'Annexe à l'ouvrage, où l'auteur donne les détails de construction d'appareils élémentaires. Cette partie sera favorablement appréciée par les professeurs de nos collèges, car dans beaucoup de manuels la construction des appareils est reléguée au second plan, et, pour se mettre au courant, le professeur n'a pas toujours la bonne fortune de pouvoir consulter le *Recueil d'expériences* de H. Abraham ou d'autres ouvrages spéciaux.

On le voit, ces quelques observations ne portent pas sur des parties essentielles ; et nous tenons à le répéter, en terminant, le manuel de M. Gorlia est très recommandable et apte à rendre de réels services dans l'enseignement de la Physique.

R. D. M.

XIV

Colour in Relation to Chemical Constitution, par E. R. Watson, M. A., D. Sc. *Monographs on Industrial Chemistry.* Un vol. in-8° (22 × 14) de XII-197 pages, avec 4 planches coloriées et 65 fig. dans le texte et hors texte. — Longmans, Green and Co, London, New-York, 1918.

Le problème des relations entre la coloration des substances et leur structure chimique offre un grand intérêt théorique. Il est aussi d'une importance pratique considérable dans la chimie des matières colorantes, qui, on le sait, est une source d'immenses richesses pour certains pays.

Parmi les Traités les plus récents sur le sujet, il faut citer : Kayser, *Handbuch der Spectroscopie,* vol. III, 1905, et surtout Ley, *Die Beziehungen zwischen Farbe und Konstitution,* 1911. En langue anglaise il n'y avait rien, à notre connaissance, sauf l'ouvrage de Cohen, *Organic Chemistry,* dont quelques chapitres étudient la question.

Le livre de Watson, qui a pour origine un cours professé, en 1917, à l'Université de Leeds, fait partie de la précieuse Collection des monographies sur la Chimie industrielle, publiées sous la direction de Sir Edw. Thorpe et qui comprendra une dizaine de volumes sur les matières colorantes synthétiques. Exposer l'essentiel des nombreuses théories, plus ou moins compliquées et souvent contradictoires, qui ont été imaginées pour expliquer l'absorption lumineuse, tel a été le but principal de l'auteur. Disons tout de suite qu'il a parfaitement réussi et que l'ouvrage, très condensé, contient plus de matières que ne pourrait le faire présumer le nombre de pages indiqué. C'est ce qui apparaîtra en parcourant les divers chapitres.

Le chapitre I (pages 1-9) constitue un historique des premières recherches. La découverte de matières colorantes organiques peut être attribuée à Perkin, qui produisit le mauve, en 1856. Graebe et Liebermann (1868) attribuèrent la couleur à l'existence de certaines doubles soudures.

Mais arrêtons-nous un instant sur la théorie des chromophores et auxochromes de O. N. Witt (1876). Pour qu'une matière organique soit colorée, sa molécule doit remplir deux conditions : elle doit d'abord comporter un certain groupement atomique, appelé *chromophore,* qui lui donne la « potentialité »

de la couleur, et elle doit ensuite posséder un radical, dénommé *auxochrome,* pouvant former sel. Parmi les premiers, citons : NO^2, —N = N—, —CO—, donnant naissance aux molécules *chromogènes :*

$$C^6H^5NO^2, \qquad C^6H^5 - N = N - C^6H^5,$$

$$C^6H^4 \begin{matrix} \diagup CO \diagdown \\ \diagdown CO \diagup \end{matrix} C^6H^4 ;$$

parmi les seconds, il y a surtout les groupes hydroxyles, amino et ses substitués : $NHCH^3$, $N(CH^3)^2$, etc. Ainsi le chromogène $C^6H^5NO^2$ donne naissance au nitrophénol $C^6H^4(NO^2)OH$ et à la nitraniline $C^6H^4(NO^2)NH^2$, tous deux colorés. Mais les auxochromes, absolument nécessaires pour donner la propriété colorante, ne le sont pas pour développer seulement la couleur, distinction que Witt ne fait pas.

Suivant H. E. Armstrong (1888), toute matière colorante organique renfermerait au moins un *quinonoïde,* noyau benzénique auquel sont fixés deux groupes en position *para* ou *ortho,* ou bien un groupement s'y ramenant par tautomérisation.

Nietzki (1879) soutient que par la méthylation, l'éthylation, etc., et plus généralement par l'augmentation du poids moléculaire, la coloration s'accentue. Cela se vérifie particulièrement bien dans la série du triphénylméthane ; mais, ailleurs, il y a beaucoup d'exceptions, la position des groupes fixés et leur nature chimique pouvant être plus importantes que le poids moléculaire (dans certains cas, deux hydroxyles foncent plus la couleur que quatre atomes de brome). Ces influences sont discutées au chapitre V. Une autre règle est celle de l'accentuation de la couleur par la multiplication des auxochromes ; elle comporte aussi beaucoup d'exceptions.

Ces théories et règles, qui ne sont plus guère soutenables aujourd'hui, ont servi de guides précieux dans la production du plus grand nombre des matières de teinte demandée, et, à ce titre, elles sont encore en usage. Mais de nouvelles théories (nous préférerions dire hypothèses) ont été proposées, qui concordent mieux avec les faits connus.

Au chapitre II (pp. 10-21), l'auteur discute la théorie des quinonoïdes et ses modifications. Suivant A. von Baeyer (1907) la coloration serait due à une oscillation de la structure quinonoïde entre deux noyaux benzéniques, ce qui est confirmé par R. M. Willstätter. Il y a ensuite une théorie de H. von Liebig (1908)

et une autre de H. Kauffmann (1904) qui amène à discuter les trois formules de structure proposées pour le benzène.

Les chapitres III (pp. 22-37) et IV (pp. 38-70), consacrés aux spectres d'absorption, contiennent beaucoup de figures, de graphiques et de photographies ; le quatrième ne comporte presque pas de texte.

La relation entre la constitution et l'intensité *(depth)* de la couleur fait l'objet du chapitre V (pp. 71-109). On y trouve l'exposé des investigations de Schütze (1892), qui, étudiant la règle de Nietzki, introduit les mots *bathychrome* et *hypsochrome ;* de Piccard (1913) sur la *couleur du second ordre ;* la règle de Scholl (1903-1908), celle de Hewitt (1907) et ses modifications par Sircar (1916) et par Watson et Meek (1915-1916), la règle de Watson lui-même (1913-1914). Il y a ensuite un bon résumé des recherches de Hantzsch et de ses collaborateurs sur le *chromo-isomérisme* (1907). Ce phénomène, qui a fait l'objet d'une trentaine de travaux, s'observe notamment chez l'acide diphényl-violurique, qui développe toute une série de colorations quand on le combine à divers métaux. Au sujet de l'effet de la multiplicité des auxochromes, on trouve les règles de Georgievics (1911) et de Meek et Watson (1916).

Au chapitre VI (pp. 110-148), on expose les principaux résultats sur la nature des vibrations produisant des raies d'absorption. Celles-ci seraient dues à l'*isomérisme dynamique,* suivant Baly et Desch (1904-1905). Travaux de Stewart et Baly (1916) et l'*isorropesis,* de Baly et Tuck (1906-1909), de Watson et Meek (1915). L'auteur donne ensuite succinctement et sans l'appareil mathématique qui serait nécessaire, une idée des recherches se rattachant à la théorie électromagnétique de la lumière et suivant lesquelles les raies d'absorption seraient dues aux vibrations des électrons. D'après Baly (1914) les raies d'absorption dans la partie visible du spectre et dans l'ultra-violet peuvent être calculées en partant de celles de l'infra-rouge.

Le chapitre VII (pp. 149-155) est consacré aux spectres d'absorption infra-rouges des substances organiques. Travaux de Abney et Festing (1881), Julius (1888), Donath (1896), Puccianti (1900), Iklé (1903), Coblentz (1904), Weniger (1910), Eva von Bahr (1914).

La fluorescence, considérée dans ses relations avec la constitution chimique, fait l'objet du chapitre VIII (pp. 156-163). Suivant Hewitt (1900), le phénomène serait dû à un *tautomérisme* dit *doublement symétrique,* analogue à l'isorropesis.

L'auteur expose alors la théorie des *fluorophores* de Meyer (1897), correspondant à celle des chromophores de Witt, et la théorie de Kauffmann (1908) ou des *luminophores* et *fluorogènes*. Suivant Stark (1907), qui envisage des *auroflores* et des *bathoflores*, les substances possédant une « *selective absorption* » seraient fluorescentes.

Le neuvième et dernier chapitre (pp. 163-180) étudie les couleurs et spectres des composés inorganiques. Il contient des tableaux et quatre planches coloriées très utiles.

Vient ensuite une bibliographie (pp. 181-190) comprenant 14 ouvrages et 182 mémoires ou notes. La classification est systématique. La liste nous paraît complète ou à peu près. Le volume se termine par un Index (pp. 191-197) comprenant plus de 750 objets.

Des schémas, des figures représentant des appareils, des graphiques, des photographies, notamment de spectres, des formules de structure très claires illustrent à profusion, et très utilement, le texte.

L'ouvrage de M. Watson est excellent. C'est un guide précieux pour les recherches futures, que nous prévoyons fécondes, et il pourra rendre les plus grands services en Angleterre, en France et ailleurs. M. Lecat.

XV

L'enigma della vita e i nuovi orrizonti della biologia, par Agostino Gemelli, O. M., docente di psicologia sperimentale nella reale Università di Torino. 2 vol. in-8°, 818 pages. — Firenze, Libreria editrice fiorentina, 1914.

Ces deux beaux volumes, dus à la plume infatigable du R. P. Gemelli, dont on connaît la haute compétence dans les questions physiologiques et médicales, nous parvinrent, en 1914, à la veille même de la guerre. Il ne siérait plus, sans doute, à cinq ans de distance, de leur consacrer le compte rendu critique détaillé qu'on a coutume de réserver aux nouveautés de librairie. Nous ne pouvons toutefois omettre de signaler à nos lecteurs un ouvrage qui, sans prétendre à la rigueur technique d'un Traité de Biologie, réalise le souhait que nous entendîmes maintes fois formuler : « trouver un exposé judicieux, rapide, facile et en même temps très exact, de l'état des problèmes expérimentaux et théoriques qui concernent la vie végétative ». Qu'on en juge.

Les trois chapitres du livre I — étude de méthodologie générale — sont une discussion préalable sur la valeur des théories empiriques et des explications métaphysiques dans le domaine de la Biologie.

Le livre II aborde le problème de « l'origine de la vie ». Après une revue des principaux courants actuels d'interprétation philosophique de la vie : mécanicisme, néovitalisme, psychomonisme, l'auteur oppose l'une à l'autre les deux thèses générales de la génération spontanée et du créationnisme ; il croit pouvoir conclure, de l'examen même des faits, que « la création est un véritable postulat de la science ». Peut-être un biologue « agnostique » garderait-il, malgré tout, quelque répugnance à souscrire cette formule prise à la lettre ; reconnaissons qu'elle avait été employée déjà — équivalemment du moins — par des savants illustres, et que le R. P. Gemelli ne la propose qu'après un examen aussi intéressant qu'érudit des opinions émises de notre temps à ce sujet.

Le livre III (7 chapitres), intitulé « La nature des phénomènes vitaux », est particulièrement riche de faits. L'être vivant, dûment analysé dans sa structure physique, est confronté avec une série de productions artificielles ou naturelles, plus ou moins semblables à lui dans leur forme extérieure et leurs variations morphologiques : pseudo-végétations de Traube, Herrera ou Leduc ; pétroplasme et bioplasme de Von Schroen ; cristaux liquides de Lehmann et de Przibram. Une fois écartées ces intéressantes contrefaçons de la vie, l'interrogatoire des faits s'élargit. C'est le tour de la chimie organique et de la physico-chimie (théories des ions, de la catalyse fermentaire, de l'état colloïdal) à déposer sur la nature des phénomènes vitaux. Leur réponse, bourrée d'indications particulières, reste — faut-il le dire ? — incomplète, n'ayant à présenter que des analogies partielles de la vie, non la vie elle-même.

Aussi, dans le livre IV, où l'auteur annonce enfin la « solution de l'énigme de la vie », sommes-nous invités dès l'abord à considérer un ordre de faits biologiques qui se séparent plus nettement des purs phénomènes physico-chimiques, je veux dire : les faits de transmission, de régulation et d'évolution de la forme (hérédité et morphogénie) et puis les phénomènes moteurs (tropismes). Il va sans dire que les observations et les analyses de Driesch et autres savants néovitalistes seront largement utilisées. A côté de ces travaux encore récents et déjà presque classiques, l'actualité est ici représentée par un chapitre sur les curieuses

expériences de Carrel. Quant à la difficile question des tropismes, elle est exposée et discutée en une cinquantaine de pages.

Après cette enquête consciencieuse, l'auteur se croit autorisé à *conclure*, non seulement comme homme de sciences, mais en philosophe : dans les trois derniers chapitres, il rappelle et précise, pour s'y rallier, la conception aristotélico-thomiste de la vie végétative.

A ceux qui connaissent le talent du R. P. Gemelli, la seule indication du contenu de ces deux volumes en dira suffisamment l'intérêt. Et vraiment, si l'on veut bien ne pas exiger d'un livre de sérieuse vulgarisation la sévère précision des discussions purement techniques, on ne trouvera guère à regretter, dans l'œuvre nouvelle du R. P. Gemelli, qu'une certaine rapidité de composition, qui se trahit çà et là.

J. Maréchal, S. J.

XVI

Botany of the Living Plant, par F. O. Bower, Sc. D., F. R. S., Regius Professor of Botany in the University of Glasgow. Un vol. in-8°, x-589 pages, 447 figures. — London. Macmillan, 1911.

Le spécialiste distingué qui présente au public ce nouveau manuel de Botanique nous avertit que nous y trouverons le contenu même d'un cours élémentaire qu'il professe à l'Université de Glasgow depuis plus de trente ans. C'est dire que le lecteur bénéficiera, non seulement de la science de l'auteur, mais de sa longue expérience pédagogique.

Le titre exprime fort bien le point de vue dominant de l'ouvrage entier : le souci principal sera de faire comprendre la plante *vivante*, dans la complexité de ses fonctions. A cette « biologie de la plante » sera subordonné tout développement qui concernerait plus particulièrement l'anatomie ou la systématique.

La distribution même des chapitres est fortement influencée, nul ne s'en plaindra, par une préoccupation d'enseignement. On les appellerait plus volontiers des leçons que des chapitres : chacun forme une sorte de monographie, un petit tout fermé, qui pourrait, à la rigueur, être isolé et fournir, à soi seul, la matière d'une conférence. L'ensemble de ces menues monographies constitue, d'ailleurs, un Traité complet de Botanique générale.

Le plan du volume se développe au rebours de la classifica-

tion botanique, l'étude des plantes supérieures précédant ici celle des végétaux moins différenciés. Si cette disposition, qui fait fi provisoirement de toute théorie, exigeait une excuse, c'est encore un souci pédagogique qui apporterait, au dire de l'auteur, la justification décisive. Les plantes supérieures sont, en fait, les plus accessibles à chacun et les mieux connues. Ne faut-il pas, devant des débutants, partir du connu, et même du familièrement connu, pour aller à l'inconnu ? C'est juste.

L'ouvrage se développe conformément à cette idée directrice.

Dans une *première partie,* nous sommes invités à considérer de très près les plantes que nous voyons le plus fréquemment autour de nous, et que nous croyons le mieux connaître : les Angiospermes. L'unité vivante de la plante y est étudiée, dans la diversité de ses fonctions essentielles, au cours d'une vingtaine de chapitres. Ceux-ci se succèdent et se subdivisent sans égard à la classification en familles, qui n'a ici que peu d'intérêt physiologique. Ils forment autant de petites monographies sur « la germination », « la feuille », « la racine », « la structure mécanique du corps de la plante », « la croissance et le mouvement », « les variations de la forme », « la nutrition et la respiration », « la propagation et la reproduction », « le fruit et la dispersion des semences », etc...

Une fois bien connue la plante supérieure, nous pouvons maintenant remonter la série végétale, vers des types de moins en moins différenciés ou de plus en plus primitifs.

La *seconde partie* du Traité expose la biologie des Gymnospermes, en prenant pour exemple la famille la plus importante de ce groupe, les Conifères.

Dans la *troisième partie,* consacrée aux Ptéridophytes, un chapitre traite des Lycopodinées, parmi lesquelles le genre Sélaginelle, représenté en Angleterre, est décrit de préférence ; un second chapitre retrace les aspects les plus intéressants de la biologie des Filicinées.

Évidemment, parmi les fonctions vitales, c'est le cycle reproducteur, avec ses curieuses alternances, qui va, en ce point du Traité, s'imposer surtout à l'attention du botaniste. L'auteur expose avec un certain détail les faits en cause. En même temps, il esquisse sobrement les homologies les plus frappantes, sans se permettre encore d'entrer bien avant dans des spéculations phylogénétiques, si intéressantes qu'elles dussent être. A la fin du volume seulement, un chapitre rapide extraira des faits recueillis en cours de route une théorie de la filiation du

règne végétal. Notons aussi, dès maintenant, à la louange de l'auteur, son souci d'interpréter la structure et le fonctionnement de la plante par leur adaptation aux conditions du milieu.

Cette préoccupation avant tout biologique continue de se manifester dans les deux dernières parties du Traité. La *quatrième partie* est réservée aux Mousses et aux Hépatiques. La *cinquième partie,* assez longue, se subdivise d'après l'ordre systématique des divers groupes de Thallophytes (algues et champignons). Ici, l'auteur justifie sommairement la classification adoptée ; puis, empiétant sur le terrain de l'évolution des espèces, rapporte, sans prendre nettement position, l'hypothèse communément en faveur, d'après laquelle il faudrait chercher dans un Flagellate semblable à l'Euglène la forme d'origine du groupe entier des Thallophytes. — A ce dernier groupe se rattachent encore les Schizophytes (algues bleues, ou Cyanophycées, et Bactéries), qui font l'objet d'un très court chapitre.

Par manière de *Conclusion,* les deux derniers chapitres introduisent le lecteur, un peu rapidement peut-être, dans plusieurs questions importantes et actuelles de biologie générale. Différenciation des Zygotes dans la reproduction sexuée, origine et fonction de la sexualité dans les plantes, hybridation et mendélisme : tels sont les sous-titres de l'avant-dernier chapitre. Deux thèses y caractérisent l'attitude de l'auteur : « Sans aller si loin, écrit-il (c'est-à-dire sans aller jusqu'à nier totalement l'hérédité des caractères acquis), il est permis de remarquer que jusqu'ici les preuves d'une transmission héréditaire de caractères, acquis par les parents, furent insuffisantes. D'autre part, il faut remarquer que les mutations, qui, elles, sont transmissibles, ont joué le rôle principal dans l'évolution » (p. 472). « Le problème central de l'évolution revient finalement à celui de l'origine des mutations transmissibles par hérédité » (p. 477). Dans le dernier chapitre, trop bref pour l'intérêt du sujet, l'auteur, après avoir rappelé les faits d'alternance de générations et la distinction, si marquée dans les plantes inférieures, du gamétophyte et du sporophyte, rattache les différentes phases d'établissement, puis d'effacement partiel de ce dédoublement morphologique, au passage progressif de l'habitat aquatique à l'habitat terrestre. Les exigences de la vie sur le sol tendraient constamment à réduire le gamétophyte au bénéfice du sporophyte. Aussi, conclut l'auteur, « le sporophyte est aujourd'hui, virtuellement, devenu *la vraie plante terrestre*, le gamétophyte persistant seulement comme vestige du passé » (p. 490).

L'exposé de l'auteur est toujours parfaitement clair et objectif, jamais traînant ou fastidieux. Et l'illustration matérielle répond au texte : abondante sans excès et bien choisie.

Un index alphabétique assez complet clôt le volume. Au total, ce Traité, fruit d'une longue pratique de l'enseignement, non seulement se recommande par ses qualités pédagogiques, mais nous paraît, à tous égards, une excellente introduction générale à la botanique.

J. Maréchal S. J.

XVII

Lectures on Sex and Heredity, par F. O. Bower, J. Graham Kerr, and W. E. Agar. Un volume in-16 de 119 pages. — London, Macmillan, 1919.

Ce petit livre, intelligemment illustré, réunit six conférences données à Glasgow en 1917-1918. Celles-ci, composées pour le grand public, nous paraissent claires, faciles, intéressantes, et témoignent de la science très avertie de leurs auteurs. Faut-il ajouter qu'elles accusent une tendance nettement évolutionniste, d'un évolutionnisme embrassant les deux règnes et l'homme lui-même ? L'adoption d'un point de vue théorique aussi tranché est-elle ici un bien ? est-elle un mal ? On conçoit, en tous cas, la séduction que dut exercer l'évolutionnisme sur les érudits conférenciers, car il met admirablement en valeur les faits généraux de l'hérédité : les difficultés réelles de l'hypothèse de la descendance ne commencent qu'avec une étude détaillée, à peine accessible aux non-initiés. D'où la difficulté, pour un vulgarisateur, d'être et de rester sévèrement objectif. Dans le volume que nous avons entre les mains, les auteurs ont exprimé loyalement leur conviction — un peu subjective — de savants. Ils seraient sans doute les premiers à admettre que l'on pût ne pas toujours partager leur avis.

Du reste, dans l'exposé même des faits — et non seulement dans la théorie — la vulgarisation scientifique se heurte presque fatalement à des inconvénients divers, dont le principal est sans doute un choix trop exclusif des traits qui favorisent une compréhension simple, et même un peu schématique, des réalités complexes. Malgré un souci remarquable d'exactitude, les conférences dont nous rendons compte demeurent-elles toujours à bonne distance de cet écueil ? Nous n'oserions affirmer qu'elles ne le

frôlent pas de temps en temps ; et nous songeons en particulier aux passages de la cinquième conférence qui traitent du fondement cytologique de l'hérédité (rôle des chromosomes et de la chromatine).

Voici les sujets des six conférences : 1° « L'origine de la sexualité dans les plantes ». 2° « L'influence de la fixation au sol sur la sexualité des végétaux ». 3° « La reproduction chez les animaux : quelques principes généraux ». 4° « Quelques modifications du processus reproducteur, envisagées comme des adaptations au milieu terrestre ». 5° « L'hérédité » en général. 6° « L'hérédité chez l'homme ».

Le volume, plein de faits et d'aperçus, dans sa brièveté, se termine par une bonne table alphabétique des matières.

J. Maréchal, S. J.

XVIII

Guide pratique de Radiographie et de Radioscopie, par le Dr Réchou, Professeur agrégé à la Faculté de Médecine à Bordeaux. Un volume in-16 de 96 pages, avec 27 figures. — Paris, J.-B. Baillière et fils, 1919.

Les débutants liront avec avantage ce petit livre fait à leur intention. Il a le grand mérite d'être simple, clair et pratique ; laissant de côté tout ce qui est un peu difficile ou trop spécial, il s'occupe uniquement de mettre le débutant à même de faire, après le plus court apprentissage possible, la meilleure radioscopie ou radiographie possible.

C'est ce qui explique que l'auteur ait laissé de côté toute la partie historique et n'ait pas parlé de certains appareils modernes perfectionnés, mais trop compliqués.

Aussi le vœu de l'auteur sera-t-il réalisé, croyons-nous, c'est-à-dire que « ce petit ouvrage sous sa forme simple et sans prétention sera bien accueilli par ceux qui cherchent à apprendre ».

Voici les principales divisions :

I. *Instrumentation.* Le transformateur. L'interrupteur. Le condensateur. Montage de l'installation. Circuit secondaire. Tube radiogène. Tubes durs. Tubes mous. Régulateurs. Milliampèremètre. Spintermètre. Instrumentation accessoire. Compresseur. Appareils protecteurs.

II. *Radiographie*. Centrage de l'ampoule. Radiographie des différentes parties du corps. Radiographie stéréoscopique.

III. *Radioscopie*. Examen radioscopique des lèvres, des poumons, du cœur, de l'aorte, du tube digestif. Localisation et extraction des corps étrangers.

J. Boine.

XIX

A Review of the Primates, par Daniel Giraud Elliot, D. Sc., F. R. S. E., etc. (Monographs of the American Museum of Natural History, vol. I, II, III). 3 vol. in-4°, respectivement de cxxvi-317-xxxviii, xviii-382-xxvi et xiv-262-clxviii pages, illustrés de très nombreuses planches hors texte. — New-York, American Museum of Natural History, 1913.

Nous nous bornons à signaler cette monumentale revision de la distribution systématique et des diagnoses spécifiques du sous-embranchement des Primates (Lémuriens et Singes anthropoïdes). M. Elliot, un zoologiste de haute compétence, qui n'avait pas besoin de cette entreprise pour jouir de la notoriété la plus flatteuse, s'est littéralement astreint, cinq années durant, à parcourir le monde afin de recueillir de première main les données de son travail. En effet, les pièces nécessaires pour contrôler et compléter les renseignements morphologiques que nous possédions jusqu'ici sur les Primates ne se trouvent qu'en petit nombre aux États-Unis : elles sont éparpillées surtout dans les musées, collections et jardins zoologiques d'Europe et d'Extrême-Orient. Grâce au soin très onéreux que prit l'auteur de vérifier ou d'observer personnellement, pour peu que la chose fût possible, il put redresser mainte description erronée ou du moins grouper plus solidement les caractères différentiels d'un bon nombre de types. Dans sa tâche descriptive et systématique, M. Elliot eut l'idée très heureuse de tenir compte, plus que ses devanciers, de la morphologie crânienne. De là une série abondante de magnifiques planches phototypiques, représentant, sous différentes faces, le squelette crânien des principaux genres. Ces reproductions sont assez claires pour permettre d'y vérifier de menus détails de structure. — Nous devons mentionner aussi les indications précieuses que fournit l'auteur sur l'habitat de chaque groupe. La bibliographie spéciale est soigneusement relevée.

Le 3e volume contient une table alphabétique — par désignations génériques et spécifiques — des espèces recensées dans l'ouvrage entier, avec référence aux pages qui leur sont consacrées.

L'essai monographique de M. Elliot s'impose dès maintenant, comme instrument de travail, à tout zoologue qui s'occuperait en spécialiste des Mammifères supérieurs, soit au point de vue descriptif ou zoogéographique, soit au point de vue de l'anatomie comparée.

J. Maréchal, S. J.

XX

Rapport général sur le fonctionnement et les opérations du Comité national de secours et d'alimentation. — Première partie : Le Comité national. Sa fondation, son Statut, son fonctionnement. — Un vol. in-folio de 432 pages. — Bruxelles, Vromant et Cie, 1919.

L'objet de cet ouvrage est, comme le dit dans le discours-préface le Président du C. N., de rendre compte au gouvernement et à la nation belge de la manière dont les directeurs de cette importante entreprise se sont acquittés, depuis la fin du mois d'août 1914 jusqu'à la fin du mois de novembre 1918, de la mission qu'ils avaient assumée dans l'intérêt du pays et de leurs concitoyens.

Une série de notices dues aux divers chefs de service traitent, après un chapitre de généralités, de la constitution, des caractères, de l'administration centrale, de l'organisation en province, des finances du C. N., de la protection qu'il reçut de Ministres étrangers, des organismes neutres : la Commission for Relief in Belgium et le Comité Hispano-Américain, des accords internationaux relatifs au C. N. et de ses relations avec l'autorité allemande.

Puis viennent des *Annexes,* reproduisant celles des Archives du C. N. qui présentent un intérêt particulier. Enfin, les procès-verbaux des Assemblées générales.

Inutile de souligner l'importance, pour l'histoire du C. N. et de son rôle, de ces témoignages et de ces documents puisés aux meilleures sources.

L'exécution typographique est remarquable.

La seconde partie exposera l'action du département d'alimen-

tation ; la troisième traitera du département de secours et la dernière, des divers organismes ne rentrant pas dans les cadres des deux départements précités.

V. F.

XXI

Recherches sur les sociétés d'enfants, par J. Varendonck (Institut Solvay. Fascicule 12 des Notes et Mémoires), 93 pag. — Bruxelles. Misch et Thron, 1914.

L'avant-propos de ce travail reproduit le questionnaire envoyé par l'auteur à des instituteurs, des élèves d'école normale et des écoliers sur le sujet de son enquête. Des 308 réponses reçues, 174 furent écartées pour insuffisance. Restèrent 134 réponses utilisables.

D'après ces documents, M. Varendonck étudie les groupements qui se forment spontanément entre enfants, leur genèse, les particularités de leur organisation, leur classification, leurs buts ; il constate comment ces petites sociétés se donnent des chefs, à qui échoit l'autorité et jusqu'où elle s'étend ; il note enfin les traits principaux de la psychologie des membres, les manifestations de leur conscience collective et leur attitude vis-à-vis des étrangers.

L'auteur manifeste un sérieux souci d'exactitude. Mais sa méthode est défectueuse.

S'il s'agit simplement d'étayer et d'illustrer par des exemples les constatations que chacun a pu faire pour peu qu'il ait regardé jouer des enfants, s'il s'agit, par exemple, d'établir que le chef de bande ou le chef de jeu est l'enfant qui se distingue par son initiative, son prestige personnel, ses qualités physiques comme la force, l'adresse, la rapidité à la course, etc., par son intelligence ou par la sympathie qu'il inspire, il est bien superflu de dresser des questionnaires et de collationner des réponses plus ou moins judicieuses. On sait depuis des milliers d'années qu'il y a des enfants au monde, et qu'ils jouent. Quelques cas étudiés dans le détail, fouillés par le menu, présentés dans une analyse fine et déliée, seraient autrement suggestifs.

S'il s'agit, au contraire — et c'est à quoi semblent prétendre des travaux du genre de celui-ci — de fonder des conclusions scientifiques sur une enquête rigoureuse, cette enquête devrait porter sur une base beaucoup plus large, accumuler d'innom-

brables observations et d'ailleurs limiter très étroitement les phénomènes à étudier.

On ne peut conclure expérimentalement que sur un sujet rigoureusement précisé, sévèrement circonscrit et d'après des observations assez nombreuses pour que toutes les hypothèses possibles aient été ou rencontrées ou méthodiquement exclues.

En matière aussi diverse, aussi nuancée, aussi sujette à des influences extérieures que la psychologie des sociétés d'enfants, 134 témoignages n'autorisent aucune conclusion scientifiquement recevable. V. F.

XXII

Mines, Grisou, Poussières, par L. Crussard, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Professeur à l'École nationale des Mines de Saint-Étienne (ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de Mécanique appliquée et Génie* de l'*Encyclopédie scientifique)*. Un vol. in-18 jésus de 414 pp., avec 101 figures dans le texte.— Paris, Doin, 1919.

Dans un premier volume, paru dans la même collection et dont il a été rendu compte dans cette Revue (1), M. Crussard a traité la question de la taille et des voies contiguës dans les mines, c'est-à-dire de leur exploitation proprement dite. Il consacre le nouveau volume tout entier à l'étude des moyens propres à garantir cette exploitation des dangers qui la menacent, tenant à la présence de ces ennemis sournois et terribles qui s'appellent le grisou et les poussières.

Ce volume, comme le précédent, développé dans un esprit et avec une méthode vraiment scientifiques, ne s'embarrasse pas de vaines théories ; visant un objet essentiellement pratique, il va droit au but en ne s'appuyant que sur les faits dûment constatés et passés au crible d'une pénétrante critique.

C'est d'une suite d'exemples choisis avec discernement et soumis à une discussion serrée que se dégagent les idées qui dominent le sujet et peuvent éclairer le technicien aux prises avec les difficultés de la pratique journalière.

La première partie a pour objet de mettre en évidence les lois de la combustion du grisou et des poussières, considérés d'abord individuellement, puis comme coexistants et pouvant donner

(1) Avril 1911, p. 659.

naissance à une aggravation mutuelle de leurs effets. Cet exposé en partie double offre, en quelque sorte, l'aspect d'un diptyque, toutes les questions traitées venant s'ordonner sur l'une des faces (face-grisou et face-poussières) du tableau.

Cette dualité persiste, au reste, dans toutes les autres parties de l'ouvrage, notamment dans la seconde relative aux causes d'inflammation, où sont décrits les modes d'éclairage les plus favorables, et étudiés à fond les explosifs de sûreté, eu égard, d'une part, au grisou, de l'autre aux poussières. La documentation est, on le voit sans peine, volontairement courte, mais triée, peut-on dire, et toujours de première main. D'ailleurs, au cours de tout l'exposé, la critique ne perd jamais ses droits ; la portée des essais et leur valeur exacte y trouvent un relief d'une singulière vigueur.

La troisième partie est consacrée à l'immunisation, c'est-à-dire aux mesures tendant à s'opposer à la formation en tout point de la mine d'une accumulation de grisou ou d'un gisement de poussières capables d'être enflammées. Ces mesures se ramènent, au reste, à la bonne utilisation du courant d'air pour diluer le grisou ainsi qu'à la neutralisation généralisée des poussières.

Ces questions d'aérage prennent, sous la plume de notre auteur, une forme absolument nouvelle ; tout ce qui, notamment, a trait au court circuit, à la culbute d'air, au rabat-vent, aux voies neutres, à l'aérage progressif, au rebrassage, sort, avec lui, de l'empirisme pour atteindre à une précision vraiment inattendue. C'est particulièrement ici que M. Crussard a fait montre d'une vigoureuse méthode scientifique. Non moins nouvelle apparaît l'étude approfondie de l'aérage, fondée, avec juste raison, sur l'examen des dérogations.

Enfin la quatrième partie traite de la localisation, c'est-à-dire des moyens propres, soit, simplement, à empêcher l'extension d'un coup de feu, d'un quartier de la mine à un autre, soit à s'opposer en outre à l'irruption des gaz toxiques dans les quartiers non visités par la flamme. On y retrouve les mêmes qualités déjà signalées à propos des précédentes parties.

En résumé, on peut dire que, conçu dans un juste équilibre des préoccupations théoriques et pratiques, avec, au premier plan, le souci constant de l'application immédiate, ce petit livre est complet dans sa brièveté voulue ; tout homme éclairé, simplement curieux, le lira avec intérêt ; tout homme de métier le consultera avec fruit.

PH. DU P.

XXIII

Mécanique des explosifs, par E. Jouguet, Ingénieur en chef au Corps des Mines, Répétiteur à l'École Polytechnique (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de mécanique appliquée* de l'*Encyclopédie scientifique*) Un vol. in-18 jésus de 516 pages, avec 115 figures dans le texte. — Paris, Doin, 1917.

Cet ouvrage, paru en pleine guerre, semble avoir tiré des événements une sorte de tragique actualité. En réalité, son élaboration en a été pleinement indépendante ; ainsi que l'auteur le rappelle lui-même dans la préface, « ce volume était complètement écrit et l'impression en était même commencée en juillet 1914 », alors que personne ne se doutait encore (sauf peut-être en Allemagne) du rôle que les explosifs allaient, à si bref délai, être appelés à jouer dans la terrible partie où devait se décider le sort du monde.

L'auteur se défend au surplus d'avoir, sur ce terrain, cédé à la moindre préoccupation d'ordre utilitaire. « Ce volume, dit-il, n'est pas un Traité général des explosifs. Il laisse entièrement de côté la chimie de ces substances — constitution, fabrication, décomposition, altération des explosifs — ainsi que les questions relatives à leur mode d'emploi ; il ne s'occupe que de leurs propriétés thermiques et mécaniques... Il s'agit donc essentiellement ici d'une *Mécanique théorique des explosifs.* »

Dans l'ordre de nos connaissances générales, c'est un chapitre plein d'intérêt qui vient se constituer dans le prolongement de la mécanique rationnelle en s'appuyant sur les principes de la thermodynamique. Ce chapitre, aux origines duquel l'auteur lie les noms de Berthelot, Roux, Sarrau, Vieille, Mallard, Le Chatelier, a trouvé sa première esquisse, sous la plume savante de Sarrau, dans l'*Introduction à la théorie des explosifs* et dans la *Théorie des explosifs.* De nouveaux progrès devaient résulter, dans cette voie, des profondes recherches théoriques de Duhem sur la thermodynamique envisagée comme une sorte de mécanique généralisée, de celles aussi de Riemann et d'Hugoniot sur la notion d'onde de choc.

Dans la période la plus récente ces études ont dû un nouvel essor aux travaux de plusieurs chercheurs parmi lesquels M. Jouguet occupe lui-même un rang distingué. Il était donc

particulièrement qualifié pour entreprendre la synthèse d'ensemble qui a fourni la matière de ce volume.

A titre d'observation générale, on peut constater que, conformément aux théories de Duhem, la dynamique chimique est considérée, dans ce livre, comme une généralisation de la dynamique rationnelle classique, obtenue par le moyen de la thermodynamique, grâce à l'introduction d'une *variable chimique sans inertie*. C'est bien véritablement là la conception fondamentale de l'ouvrage où les idées de Duhem sur le lien entre la viscosité chimique et la vitesse de réaction sont non seulement exposées mais même approfondies.

Signalons spécialement à ce propos, pour n'avoir pas à y revenir, les §§ 95, 96, 116 et la note II de la fin du volume.

L'ouvrage débute par une introduction constituant un résumé des principes de thermodynamique dont la connaissance est nécessaire pour la pleine intelligence de la suite de l'exposé.

Dans le Livre I est faite l'étude de la réaction chimique ; on y trouve une exposition aussi symétrique que possible des lois qui régissent le sens des réactions et le déplacement de l'équilibre, exposition où se rencontrent d'ailleurs des énoncés dus à l'auteur lui-même tels que ceux qui traduisent les inégalités (5) (§ 52), (8) (§ 54), (11) et (12) (§ 60), et qu'il a fait connaître dès 1902. Le *principe de l'augmentation de volume*, exposé aux §§ 77 et suivants, ne semble pas avoir été formulé ailleurs que dans ce livre; il peut être regardé comme corrélatif de celui du *travail maximum*.

On rencontre encore dans l'ouvrage d'autres intéressantes remarques (§§ 85, 86, 87) sur le potentiel thermodynamique des mélanges gazeux, quand les gaz peuvent se combiner entre eux.

Le Livre II est consacré à l'exposé de la théorie des explosifs telle qu'elle résulte des travaux de Sarrau. M. Jouguet s'y est particulièrement attaché à bien mettre en évidence les hypothèses empruntées à la thermochimie.

La question capitale de la propagation des explosions fait l'objet du Livre III, dont les deux premiers chapitres contiennent l'étude des diverses espèces d'ondes que l'on peut concevoir dans un mélange combustible. Duhem, d'une part, Chapman, de l'autre, n'avaient envisagé que des ondes particulières ; M. Jouguet a, dans le Chapitre I de ce Livre III, donné son plein développement à la considération des ondes d'accélération ; pour les ondes de choc, il fait connaître, au Chapitre II, les formules relatives non seulement aux ondes planes, mais même

aux ondes de forme quelconque, ce qui apparaît comme une contribution à lui personnelle. Il convient de rappeler aussi qu'il a considérablement approfondi les propriétés des ondes de choc, grâce à des recherches qui remontent à 1901 et qu'il a développées dans un grand Mémoire paru en 1905 et 1906 dans le JOURNAL DE MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES. De nouveaux perfectionnements, introduits depuis lors dans la question par M. Crussard, trouvent également leur place ici. Il est particulièrement intéressant de noter que l'auteur apporte à son tour une nouvelle contribution au sujet en produisant une discussion approfondie, fondée sur quelques indications qu'il avait antérieurement données lui même, de la possibilité des ondes de choc et de combustion (§§ 211 et suivants).

Le Chapitre III du Livre III fait connaître l'application de l'étude générale des ondes, telle qu'elle résulte des deux chapitres précédents, à la théorie de la détonation et de l'onde explosive. M. Jouguet avait, sur ce point, été, sans le savoir, devancé par Chapman ; mais la façon personnelle dont il a abordé la question s'est trouvée y introduire de notables perfectionnements, notamment sur les points suivants : démonstration du fait que l'onde explosive est l'onde de choc pour laquelle la célérité est égale à la vitesse du son dans le milieu arrière, propriété très importante qui fournit l'explication de la persistance de l'onde explosive (§§ 223 et 224) : étude de l'influence de la dissociation, de la pression et de la température (§§ 227 et 231) ; calcul des limites de détonation (§ 237) ; étude de la propagation par ondes sphériques (§§ 243 et 247).

C'est la première fois, dans cet ouvrage, que les remarquables travaux de l'auteur sur ce sujet prennent la forme didactique concurremment avec ceux de MM. Crussard, Taffanel et Dautriche.

Au Livre IV est abordée l'étude des déflagrations. Nous y signalerons spécialement l'interprétation des déflagrations par les ondes de choc et de combustion dilatées (§§254 à 256), l'étude de l'onde à structure permanente (§§ 257 à 268), celle des limites de déflagration (§§ 276 et suivants). M. Jouguet avait déjà fait connaître, en grande partie, ces résultats dans une série de notes parues aux COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ; il leur donne ici tout leur développement en y ajoutant quelques notions nouvelles, telles que celle de l'*onde régulière* (§§ 266 à 268) qui lui a permis de donner une certaine unité à la théorie des déflagrations. Ici encore, l'auteur fait, à son point de vue, une exposition des travaux de MM. Crussard et Taffanel.

Dans le Livre IV, consacré aux effets des explosions, d'une part, au sein d'un milieu inerte, d'autre part, au sein d'un milieu explosif, on remarque une élégante application des lois de la similitude en mécanique.

En tant que tentative de réduction de phénomènes d'ordre naturel à une expression purement mathématique, le nouvel ouvrage de M. Jouguet, synthèse d'une longue suite de recherches originales, est à la fois d'une haute valeur et d'un puissant intérêt. On peut prévoir qu'il sera la source de nouveaux progrès.

PH. DU P.

XXIV

INDUSTRIES DE LA CONSTRUCTION MÉCANIQUE. — T. IV, fasc. B. Un vol. in-8°, 354 pages, figures et planches. — Bruxelles, J. Lebègue et Cie, Albert De Wit, 1914.

Cet ouvrage fait partie de la collection des Monographies industrielles publiée par l'Office du Travail et l'Inspection de l'Industrie dépendant du Ministère de l'Industrie et du Travail. C'est, comme l'indique le titre, un aperçu à la fois économique, technologique et commercial destiné à rendre de précieux services tant comme documentation industrielle que comme manuel de renseignements concernant les divers ateliers de construction mécanique du pays.

Le tome IV traite de l'étude des machines-outils et appareils spéciaux. Dans le fascicule A on a passé en revue le matériel pour les travaux publics, carrières et mines, la métallurgie, la chimie industrielle et le façonnage des matériaux durs. Le fascicule B, qui nous occupe, traite successivement des objets suivants :

Matériel pour l'agriculture, les industries agricoles, les industries d'alimentation et d'économie domestique, les industries travaillant les cuirs et les peaux, les industries textiles, du vêtement, du papier, du carton et du livre, la petite construction de précision et le matériel pour l'art militaire.

A propos de chacune des industries envisagées, l'auteur fait un exposé succinct de celle-ci au point de vue des appareils ou machines-outils qu'elle nécessite. Il examine les divers procédés employés et les machines correspondantes. Chaque chapitre est suivi d'un répertoire énumérant, par province, les constructeurs des machines nécessaires aux industries envisagées.

Ce volume se termine par un chapitre de considérations générales sur le nombre d'établissements de construction mécanique existant en Belgique, le nombre de leurs ouvriers et leur production.

Il ressort de là qu'il y avait en Belgique, en 1907, 419 établissements de construction mécanique, se répartissant principalement dans les provinces du Hainaut et de Liége, qui comprennent près de la moitié de ce nombre et presque les deux tiers du nombre des ouvriers. 67 % de ces ateliers rentrent dans la petite industrie, occupant au maximum 25 ouvriers. Enfin leur production s'est élevée en 1907 à 121 millions de francs.

L'avenir de cette industrie dépend surtout de l'exportation, soit vers les pays voisins, exportation qui devrait être facilitée par la diminution des droits de douane de ceux-ci, soit vers les pays lointains, à condition qu'une meilleure organisation commerciale la fasse mieux connaître à la clientèle de là-bas.

R. v. d. M.

XXV

Les Moteurs thermiques dans leurs rapports avec la Thermodynamique — Moteurs à explosion et à combustion. Machines alternatives à vapeur. Turbines à vapeur – par F. Moritz, ancien ingénieur de la Marine. Un vol. in-8°, 298 pages, 115 figures et une planche. — Paris, Gauthier-Villars, 1913.

Le but que l'auteur s'est proposé, c'est d'étudier le fonctionnement thermique de la plupart des moteurs actuellement en usage et d'indiquer comment on peut lui comparer les relevés expérimentaux faits sur des moteurs en marche. Cette comparaison est en effet très utile, car elle permet souvent d'améliorer le fonctionnement économique des moteurs. C'est dans cet ordre d'idées que cet ouvrage est appelé à rendre de grands services aux ingénieurs s'occupant de machines motrices.

Le chapitre I renferme un exposé clair des deux principes de la Thermodynamique : le principe de l'équivalence et le principe de Carnot.

Dans le chapitre II, l'auteur s'applique à évaluer le rendement d'un cycle quelconque et dans ce but est amené à calculer les échanges de chaleur le long d'un cycle de l'espèce. Il en fait ensuite application à un gaz parfait et à la vapeur.

L'application aux machines à gaz des formules établies précé-

demment fait l'objet du chapitre III. L'auteur y examine les moteurs à explosion sans et avec compression, les moteurs à combustion avec compression, les moteurs atmosphériques, les moteurs Otto et les moteurs Diesel. Pour chacun d'eux il établit le diagramme en pression-volume et le diagramme entropique et en tire les conclusions appropriées.

Le chapitre IV traite de la machine à vapeur à piston, en envisageant successivement la vapeur saturée et surchauffée. Comparant ensuite le diagramme réel obtenu par l'indicateur de Watt au diagramme théorique, l'auteur fait ressortir l'influence des espaces morts, des étranglements dans les orifices de distribution, de l'insuffisance de la détente et enfin des parois.

Le chapitre V traite de l'écoulement des vapeurs. L'auteur y étudie successivement la forme des tuyautages en supposant le frottement nul et, dans le cas où il existe, il traite le cas des gaz parfaits et enfin divers cas particuliers.

Le chapitre VI constitue une étude très complète des turbines à vapeur. Se bornant aux turbines axiales d'usage le plus courant, l'auteur passe successivement en revue les turbines à action et à réaction de divers genres, abstraction faite des frottements, et compare leur rendement à celui de la machine à piston théorique.

Il reprend ensuite cette étude en tenant compte des frottements et tourbillonnements, compare les rendements indiqués des divers types de machines, examine leur consommation de vapeur et calcule les fuites de cette dernière.

Cette étude théorique approfondie lui permet ensuite d'aborder le calcul des éléments d'une turbine répondant à des conditions déterminées. C'est ce que l'auteur s'applique à faire pour les divers genres de turbines existants.

Enfin, en annexes, se trouvent des développements de calculs et des propriétés mécaniques utiles à la compréhension complète du texte.

R. v. d. M.

XXVI

L'Aéronautique, Revue mensuelle. — Paris, Gauthier-Villars.

Il vient de paraître un nouveau périodique, uniquement consacré aux choses de l'Air.

La Revue est intitulée L'Aéronautique. Publiée avec la colla-

boration de la Direction aéronautique militaire et maritime, elle est luxueusement éditée par la Librairie Gauthier-Villars. Elle contient une partie documentaire, une partie historique et une partie technique. Elle aspire à prendre, dans le domaine de l'aviation, le rôle que jouent dans leurs sphères respectives les journaux d'information ou d'étude, mais sa tendance est aussi d'intéresser le grand public par des études générales et par une abondante illustration.

X.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ENTOMOLOGIE

L'Entomologie pendant la guerre. — On pourrait supposer que dans les nations en lutte, les études entomologiques ont dû souffrir beaucoup pendant la guerre. Il n'en est rien : l'ardeur des entomologistes n'a pas fléchi.

Quelques Sociétés d'Entomologie, par exemple celles de France et d'Allemagne, n'ont jamais cessé de tenir leurs séances et de publier leurs bulletins.

Plusieurs entomologistes, présents au front, ont fait un grand nombre d'observations biologiques précieuses sur les répercussions des batailles et de la présence des armées sur la vie des insectes ; d'autres ont profité de l'occasion pour recueillir des insectes dans des régions qui avaient à peine été explorées. C'est ainsi qu'ont paru plusieurs nomenclatures des insectes de Salonique, de Grèce, de Serbie. J'ai reçu de l'île Mytilène quelques Névroptères intéressants, dont une espèce nouvelle de *Chrysopa*, que j'ai appelée *polemia* (πόλεμος, guerre).

L'Entomologie en Belgique après la guerre.— Les Sociétés entomologiques de Belgique ont repris leurs séances et leurs travaux.

Aux Sociétés existantes s'en sont ajoutées deux autres, fondées tout récemment : la Société entomologique des Flandres, à Gand, et celle des Naturalistes de Mons et du Borinage ; chacune d'elles publie un bulletin.

Société entomologique d'Espagne. — On a fondé une Société entomologique sous l'initiative d'un Comité formé par trois personnes, M. Herménegilde Gorria, de l'Académie Royale des Sciences, de Barcelone, Président ; M. Joseph M. Dusmet, de la Société Royale Espagnole d'Histoire naturelle, de Madrid, Vice-Président, et le P. Longin Navàs, S. J., de Saragosse, Secrétaire. L'idée a été reçue partout avec enthousiasme, et le nombre des adhérents atteignait dès la première année et surpassait bientôt la centaine. En outre, la Société compte déjà plusieurs membres étrangers, en France, en Belgique, au Brésil, en Argentine, aux États-Unis, dans l'Uruguay, etc.

Les « Genera Insectorum ». — Tel est le nom d'une superbe publication qu'un simple particulier, M. P. Wytsman, de Bruxelles, édite, avec la collaboration d'entomologistes du monde entier, qui prennent pour leur compte l'étude de quelques familles ou sous-familles. Mentionnons parmi eux notre collègue, M. l'abbé Kieffer, à qui on doit un grand nombre de monographies.

Études de Lépidoptérologie comparée. — Malgré les difficultés sans nombre que l'éditeur de cette magnifique publication, M. Charles d'Oberthur, de Rennes, a dû surmonter, le dernier volume paru, formant le fascicule XIV, avec ses 474 pages et ses nombreuses planches, fait honneur à la série.

Les « Phlebotomus » de Portugal. — Le fléau de la grippe qui a étendu récemment ses ravages au monde entier a attiré l'attention sur ces petits diptères, appartenant au genre *Phlebotomus*. On leur attribue un grand rôle dans la propagation de l'épidémie.

Le Dr França, de Lisbonne, s'est adonné à l'investigation des espèces lusitaines ; il en a trouvé trois, le *Ph. papatasii*, connu là depuis 1912, le *Ph. Sergenti* Perrot, dont il décrit la femelle, jusqu'ici inconnue, et une autre variété nouvelle, qu'il appelle *Ph. lusitanicus*.

Les larves aquatiques des insectes d'Europe. — Dans le développement des études entomologiques, l'investigation des premiers stades de l'évolution des insectes a été un peu négligée partout. Ce sont les Allemands surtout, qui ont promu

cette recherche par la publication de divers ouvrages et en particulier de la série intitulée « Die Süsswasserfauna Deutschlands ».

Dernièrement, grâce aux efforts du Dr E. Rousseau, de Bruxelles, on a systématisé cette étude, et on a commencé une belle série de publications, dont quelques-unes ont déjà paru, les autres devant paraître prochainement. M. Rousseau s'est associé MM. P. Lestage et H. Schouteden. Celui-ci a étudié les larves des Hémiptères, cet ordre d'insectes qui constitue sa spécialité. M. Lestage a pris pour son domaine d'étude quelques branches des anciens Névroptères : Éphéméroptères, Plécoptères, Trichoptères, etc.

Les Coléoptères du Maroc. — Un travail d'ensemble sur les coléoptères connus jusqu'à présent comme habitant le Maroc a été publié par M. Martinez-Escalera dans les Travaux du Musée National des Sciences Naturelles de Madrid. Le nombre des coléoptères du Maroc connus aujourd'hui atteint 3000 espèces. Parmi elles, environ 300 sont nouvelles et sont décrites par l'auteur dans l'ouvrage cité.

Les Cécidies de l'Égypte. — La Société d'Entomologie d'Égypte, moins active pendant la guerre, a publié, parmi ses mémoires, une curieuse investigation de M. Bronislaw Debski sur les cécidies ou galles trouvées en Égypte. Il mentionne 87 espèces de plantes nourricières de ces hôtes, et les espèces des cécidies sont rangées méthodiquement dans l'ordre suivant : Bacteria, Fungi, Acari, Thysanoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Diptera et Rhynchota.

La Biologie des Odonates. — C'est un travail de longue haleine publié par le Dr Tillyard, de Sydney, en Australie. L'ouvrage a été publié à Cambridge, en Angleterre, mais les observations personnelles de l'auteur se bornent aux espèces australiennes. Il étudie successivement et minutieusement la morphologie et la biologie de ces curieux insectes dans leurs phases successives de larve, de nymphe et d'imago. Il fait la division de l'ordre en sous-ordres, familles, sous-familles, etc. Le nombre des espèces décrites est de 2457. Il décrit en outre toutes les espèces, tous les genres, etc., existant en Angleterre.

En remontant aux temps géologiques, il mentionne les espèces depuis le paléozoïque, y compris la *Meganeura Mongi* Brogniart,

insecte colossal de plus de 70 centimètres d'envergure, jusqu'à ceux du tertiaire d'Oeningen et de Florissant.

Le volume est enrichi abondamment de figures et de planches.

Nécrologie. — Au cours de ces dernières années, la mort a éclairci les rangs des entomologistes. Plusieurs ont trouvé une mort glorieuse sur les champs de bataille. En outre, nous déplorons la perte, à Paris, de M. Paul Tierry-Mieg, qui légua à la Société entomologique de France sa bibliothèque, consistant principalement en des ouvrages relatifs aux Lépidoptères. Également en France, la science entomologique a perdu le chanoine Bertoumieu, qui s'était acquis une grande renommée par ses publications sur les Hyménoptères et spécialement par sa monographie des Ichneumonides.

A Prague, en Bohême, mourut le 2 février dernier M. Franz Klapálek, président de la Société entomologique de Bohême, depuis sa fondation en 1904. Il était bien connu par ses études sur les Névroptères en général et sur les Plécoptères en particulier.

A Vienne, en Autriche, s'éteignit le doyen des orthoptéristes, M. Brunner de Wattenwyl, plus que nonagénaire, dont les œuvres classiques sur les Orthoptères seront pendant longtemps le guide le plus sûr pour ceux qui s'adonneront à l'étude de ces insectes.

Mentionnons encore la mort, à Washington, de M. F. Knab, qui légua sa bibliothèque et ses collections entomologiques au Musée National des États-Unis et une somme considérable à la Société entomologique de Washington pour ses publications.

Ajoutons à ces noms celui de André Carnegie, des États-Unis, décédé à l'âge de 84 ans. Sa munificence pour plusieurs branches de la Science et en particulier pour l'Entomologie est connue du monde entier.

LONGIN NAVAS, S. J.

ETHNOGRAPHIE

Chronologie du Quaternaire. — M. Holst, géologue suédois, a publié un article très intéressant sur l'époque glaciaire en Angleterre (1). M. Boule le résume dans un compte rendu paru dans l'ANTHROPOLOGIE (2).

(1) Dr Nils Olof Holst, *The Ice Age in England*, dans GEOLOGICAL MAGAZINE, Vol. II (1915).

(2) Tome XXVIII, 1917, pp. 291 et suiv.

Voici quelques extraits de ce résumé :

« M. Holst décrit assez longuement toute une série de formations géologiques anglaises, notamment de la vallée de la Tamise, qu'il considère comme préglaciaires, en insistant sur les caractères de leurs faunes de Mollusques terrestres et fluviatiles. Les plus récents de ces dépôts (d'Erith-Crayford), à *Corbicula fluminalis* et faune de Mammifères *froide*, renferment une industrie moustérienne. Il y a donc un Moustérien préglaciaire, mais l'auteur considère que ce n'est là qu'un début, le principal Moustérien étant contemporain du maximum de glaciation.

» Le Préglaciaire correspond à une grande surélévation continentale suivie d'une dépression encore préglaciaire, puis d'une nouvelle dépression, cette fois glaciaire. Les plages soulevées anglaises sont donc de divers âges. Les limons ou loess correspondent à la période de fusion des glaces. Ces limons ont une origine glaciaire : ce sont des boues déposées dans un vaste bassin qui a dû se vider subitement.

» Leur dépôt n'a pas exigé un grand laps de temps. La terre à briques de la vallée de la Tamise a pu se faire en 600 ans. Les terrains d'atterrissement à éléments argileux, connus en Angleterre sous les termes de *rubble drift* ou *head*, sont bien, comme le voulait Prestwich, le produit de phénomènes soudains, puissants, tumultueux, de faible durée.

» A la période de dépression moustérienne succéda une période d'émersion causée par le retrait des glaces, dont la pression ne s'exerçait plus sur le sol. A cette période correspondent les forêts submergées et aussi une amélioration du climat indiquée par les gisements aurignaciens et solutréens. Le Magdalénien représente un retour oscillatoire et offensif du froid et des conditions glaciaires. L'époque glaciaire, dans son unité, va donc du Moustérien à la fin du Magdalénien. C'est à tort qu'on considère souvent cette dernière division archéologique du Quaternaire comme post-glaciaire. Les dépôts formés pendant la première période de fusion des glaciers mériteraient plutôt le qualificatif d'*intermédiaires*.

Ces trois divisions du phénomène glaciaire, que l'auteur cherche à retrouver dans les dépôts des cavernes, correspondent à autant de zones territoriales : « zone glaciaire, zone intermédiaire, zone post-glaciaire, dont il tente d'esquisser les limites en Angleterre... »

On voit que les idées de M. Holst sont en opposition avec celles qui sont généralement admises. Il les avait déjà exposées

et défendues dans un mémoire original qui a été publié dans l'ANTHROPOLOGIE (1) et que nous n'avons pas encore eu l'occasion de signaler dans notre bulletin.

Voici un aperçu de la thèse soutenue par le géologue suédois qui a cru avantageux de la communiquer au monde savant d'abord en français et plus tard en anglais.

Il n'y a pas eu de périodes glaciaires durant le Pliocène et au début du Quaternaire ; au Pliocène et dans les couches inférieures du Quaternaire s'observe une faune chaude, caractérisée par l'hippopotame, *corbicula fluminalis* et d'autres mollusques d'eau tempérée, de façon que l'on peut se fier à une règle formulée en ces termes : les espèces qui actuellement caractérisent certaines régions de la surface de la terre et leur climat spécial, peuvent aussi, dans les époques passées, être considérées comme caractéristiques du climat spécial d'une contrée dans laquelle on les rencontre à l'état fossile.

Il n'y a eu au Quaternaire qu'une seule période glaciaire.

Quand a-t-elle commencé ?

L'immigration de la faune froide ainsi que l'émigration de la faune chaude nous indiquent le début de cette période glaciaire. Il se fait que les couches se rapportant à la première partie de la période glaciaire présentent parfois un mélange de débris de la faune chaude et de la faune froide.

Les dépôts de la période glaciaire renferment les fossiles des animaux caractéristiques du climat de l'extrême nord : ils ont vécu au sud de leur pays d'origine et ils ont constitué une faune quaternaire tout à fait caractéristique tant que la période glaciaire a duré : leur disparition marque la fin de la période glaciaire.

Les plus typiques de ces animaux sont : le Bœuf musqué (*Ovibos moschatus* Blainv.), le Mammouth (*Elephas primigenius* Blum.), le Rhinocéros à toison (*Rhinoceros tichorinus* Fisch.), le Renne (*Cervus tarandus* Lin.), le Lemming des hautes montagnes (*Myodes lemmus* Lin., *Myodes obensis* Arandt.), le Lemming à collier (*Myodes torquatus* Pall.), le Renard arctique (*Canis lagopus* Lin.), le Glouton (*Gulo borealis* A. J. Retzius).

Le climat n'a pas toujours été également rigoureux pendant

(1) Nils Olof Holst, *Le commencement et la fin de la période glaciaire. Étude géologique et archéologique.* Dans l'ANTHROPOLOGIE. Tome XXIV (1913), pp. 352-389.

toute la durée de la période glaciaire. L'auteur rejette l'existence de périodes interglaciaires, mais il admet un certain relèvement de la température vers le milieu de la période glaciaire. La pression exercée par l'accumulation les glaces a produit des mouvements oscillatoires des terrains occupés par les glaces et des terrains périphériques de la région glaciaire ; l'oscillation du terrain recouvert par les glaces a amené une fonte partielle de la glace et c'est pendant cette phase adoucie que le loess s'est déposé. Ce mouvement oscillatoire a fini par déprimer le massif scandinave : alors s'est produite la fusion complète et la période glaciaire a, d'une certaine manière, mis fin à sa propre existence.

Le Chelléen et une partie du Moustérien correspondent à la phase préglaciaire du Quaternaire.

Le Moustérien froid, l'Aurignacien, le Solutréen et le Magdalénien occupent toute la durée de la période glaciaire.

Ceux qui suivent la chronologie de M. Penck admettent que le Chelléen s'est développé pendant l'interglaciaire de Mindel-Riss, que le Moustérien froid est contemporain du Rissien, que le Moustérien à faune chaude, l'Aurignacien et le Solutréen ont évolué pendant l'interglaciaire de Riss-Wurm et que le Magdalénien seul est postglaciaire et a suivi la dernière extension glaciaire du Wurmien.

Ceux qui partagent les vues de M. l'abbé Obermaier et de l'école française estiment que seul le Chelléen est interglaciaire, que le Moustérien à faune froide est contemporain du Wurmien et que tout l'âge du Renne avec ses trois coupures est postglaciaire.

M. Holst soutient au contraire que l'unique période glaciaire a perduré pendant le Moustérien froid et pendant les trois phases de l'âge du Renne. Il admet tout au plus un certain adoucissement de la température vers le milieu de la période glaciaire et pendant l'époque aurignacienne et l'époque solutréenne ; il s'appuie, pour défendre son opinion, sur la présence des fossiles des animaux de l'extrême nord : ils se rencontrent dans les couches d'une partie du Moustérien et dans toutes les assises de l'âge du Renne.

Pour terminer, l'auteur se demande quelle durée représente cette période glaciaire contemporaine des temps paléolithiques.

Voici en quels termes il nous fait connaître son système de chronologie quaternaire : « Penck, à Carlsbad, en 1902, devant la *Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte,* a répondu

à cette question que la période glaciaire aurait exigé au moins un demi-million d'années et l'âge paléolithique aurait commencé il y a environ deux cent mille ans. A mon avis, c'est là une très forte exagération.

» Actuellement il n'est possible de donner que des chiffres très approximatifs, et il faut laisser à un avenir, peut-être pas trop lointain, la tâche de les corriger et de les préciser. Mais je demeure convaincu que cela sera un jour possible.

» Dès maintenant, on peut fixer, pour la période postglaciaire en Suède, un chiffre, qui n'est certes pas définitif, mais qui reste pourtant suffisamment utilisable : (6900 années). Le Magdalénien a des rapports si étroits avec la fusion de l'inlandsis septentrionale d'un côté et, de l'autre, avec le commencement de la période postglaciaire, qu'il deviendra un jour possible de fixer également pour cette phase une date qui, plus tard, pourra servir à des comparaisons entre cette phase et les autres phases paléolithiques ; on obtiendrait de cette façon une chronologie utilisable de la période paléolithique.

» Actuellement je ne vois d'autre moyen d'arriver à une date approximative que d'évaluer, à l'aide du chiffre fixé pour la Suède, la totalité de l'époque postglaciaire, et, en admettant que la progression des glaces ait présenté la même durée que leur recul, on pourrait calculer toute la durée de la période glaciaire. J'ai établi les chiffres dans un autre travail, et je suis arrivé au résultat que la période glaciaire en entier se serait étendue sur 17 000 ans, et que son début aurait eu lieu il y a 22 000 ans. Si, avec De Mortillet, on évalue le Chelléen à environ un tiers de tout l'âge paléolithique, cet âge aurait eu 17 000 + 8 500 ans, et le commencement du Paléolithique remonterait à environ 30 000 ans en arrière. Je ne veux pas exagérer la valeur qu'il faut attribuer à ces chiffres. Mais je me sens décidément porté à les considérer plutôt comme trop élevés. De toute façon je crois pouvoir affirmer que le début de l'âge paléolithique remonte à un nombre d'années qui est loin d'atteindre cent mille.

» Il y a, à mes yeux, bien des raisons pour prétendre que la durée de l'âge paléolithique a été en général fort exagérée. S'il faut admettre l'opinion de Jamieson sur le poids de la masse glaciaire et sur la dépression du niveau du sol, qui en serait la conséquence, ainsi que l'application faite plus haut de cette théorie, c'est-à-dire si la période glaciaire met fin elle-même à son existence, il est évident que la période glaciaire, aussi bien que la majeure partie de l'âge paléolithique correspondant à cette période, aura forcément une durée assez limitée.

» Les fossiles d'hommes paléolithiques sont incontestablement peu nombreux. Il devrait en être autrement si l'homme, dès le Chelléen, avait immigré en Allemagne et en Angleterre (à Mauer et à Piltdown), et si l'âge paléolithique avait duré, mettons seulement le quart des 200 000 ans que Penck attribue à l'existence du genre humain en Europe. La population, et par conséquent les foyers laissés par elle, n'auraient-ils pas été bien plus nombreux, après un si grand laps de temps, savoir à la fin du Magdalénien, et les gisements à industrie humaine provenant de ces foyers n'auraient-ils pas présenté une épaisseur bien plus considérable que celle qu'ils possèdent en réalité ? »

Nouvelles découvertes à Furfooz. — Le massif calcaire de Furfooz, bordé par la Lesse, est célèbre : une magnifique fresque le représente au Musée d'Histoire naturelle de Vienne. De 1900 à 1902, MM. E. van den Broeck et E. Rahir y ont opéré de nombreuses et minutieuses recherches et ces nouvelles investigations ont fourni une riche moisson de documents sur la civilisation des premiers habitants de nos contrées. Ces archéologues ont fouillé notamment la *Grotte de Chaleux* et le *Trou du Frontal*, examinés précédemment par M. Ed. Dupont, trois habitats préhistoriques, le *Trou du Renard*, l'*Abri de la Pêcherie* et l'*Abri de la Poterie*, qu'ils avaient eu la chance de découvrir, et six sépultures néolithiques, également découvertes par eux, parmi lesquelles il y a lieu de signaler le *Trou du Crâne*, le *Trou de la Mâchoire* et l'*Abri de l'Ossuaire*. M. Rahir a rendu compte en 1914 de ces importants et fructueux travaux (1).

Dans le *Trou du Frontal*, nos zélés chercheurs ont recueilli trois belles lames en silex et en grès dur, les plus longues qui aient été découvertes en Belgique ; leur extrémité se termine en grattoir et un de ces grattoirs porte une encoche nettement déterminée ; — une belle lame à dos rabattu, longue de six centimètres ; un perçoir double et un perçoir simple, une belle pointe en os, longue de 16 centimètres, deux aiguilles en os, quatre coquilles étrangères dont une *Melania*, percée d'un trou de suspension, et une dent également perforée : l'ensemble de ces objets se rapporte incontestablement à l'époque magdalénienne.

Les fouilles pratiquées dans la *Grotte de Chaleux* ont procuré

(1) E. Rahir, *Découvertes archéologiques faites à Furfooz de 1900 à 1902*. Dans BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ANTHROPOLOGIE DE BRUXELLES, t. XXXIII, 1914, p. XVI. Carte et nombreuses fig.

de belles lames en silex, dont plusieurs terminées en grattoir, deux fines lames, très allongées à dos rabattu, des perçoirs de formes et de dimensions variées, un pétoncle percé d'un trou de suspension et une turritelle presque complète. Ces coquilles éocènes proviennent probablement des environs de Reims. On sait que l'industrie de la *Grotte de Chaleux* appartient à l'époque magdalénienne.

Dans le *Trou du Renard* il y avait deux niveaux à foyers, séparés par des couches stériles. Par sa faune et son industrie, l'assise inférieure semblait se rapporter au commencement de l'Aurignacien. Le niveau supérieur a fourni une dent percée et divers instruments finement retouchés et relevant de cette industrie microlithique qui caractérise la fin du Magdalénien et que l'on appelle parfois prétardenoisienne.

Parmi les sépultures néolithiques, mentionnons celle du *Trou de la Mâchoire,* qui renfermait plusieurs squelettes et offrait le mélange de deux races, l'une dolichocéphale, l'autre brachycéphale.

La Station moustérienne de la Bouffia Bonneval à La Chapelle-aux-Saints. — Pendant le Carême de 1916, M. l'abbé Paquier a donné des conférences sur l'évolution et la doctrine catholique, à l'église de la Sainte-Trinité à Paris. Une de ces conférences a été publiée sous le titre : *L'Évolution et la Religion* (1). M. R. Verneau a rendu compte de cette conférence dans l'ANTHROPOLOGIE (2) et il a écrit quelques lignes qui sont remarquables, si l'on considère leur auteur et la Revue où elles ont paru. Citons un passage :

« Si l'on se reporte aux premiers temps de l'humanité, on constate que l'homme donnait toujours la sépulture à ses morts et que, par suite, il croyait — à la survivance de quelque chose de nous ; — du moins, M. Paquier, qui paraît d'ailleurs au courant des découvertes relatives à l'homme fossile, déclare que les faits le démontrent amplement. J'ai moi-même insisté à diverses reprises sur ce sujet, et j'ai apporté les preuves qu'à l'époque quaternaire, contrairement à ce que certains savants prétendaient, des tribus entouraient de soins les restes des leurs. Le fait ne me semble pas contestable pour la race de Cro-Magnon, ni pour les Négroïdes de Grimaldi, à propos desquels l'auteur

(1) REVUE DU CLERGÉ FRANÇAIS, n° du 15 octobre 1916.
(2) L'ANTHROPOLOGIE, t. XXVIII (Année 1917), p. 307.

me fait l'honneur de citer mon nom. Mais avec ces Négroïdes, nous sommes déjà loin des débuts de l'humanité. La race de Néanderthal qui, sans doute, ne nous reporte pas encore à ces débuts, avait-elle les mêmes coutumes funéraires ? M. Paquier n'hésite pas à répondre par l'affirmative. Comme preuve, il cite l'Homme de La Chapelle aux-Saints, si bien étudié par M. Boule. Il reconnaît toutefois que, sur ce point, mon savant collaborateur et ami se borne à des citations de MM. les abbés Bouyssonie et Bardon, qu'il tient, il est vrai, pour de bons observateurs. Avant d'attribuer à l'homme primitif des sentiments religieux, il est prudent, à mon sens, d'attendre des découvertes plus probantes.»

Pour les sépultures de l'homme de Néanderthal, qui sont les plus anciennes qui soient connues, nous pouvons renvoyer M. R. Verneau à l'ANTHROPOLOGIE même qu'il contribue à diriger avec tant d'autorité, et nous sommes heureux de pouvoir enfin relever les observations rigoureusement scientifiques dont ces sépultures ont été l'objet et dont M. l'abbé Paquier pouvait à juste titre se prévaloir pour soutenir sa thèse.

On sait que le célèbre squelette de l'homme de La Chapelle-aux-Saints (Corrèze) a été découvert le 3 août 1908, par trois prêtres français, MM. les abbés A. et J. Bouyssonie et L. Bardon. Ils ont consacré une importante étude au gisement dans lequel ils ont fait cette découverte sensationnelle (1).

Ce travail extrêmement fouillé a trait à l'outillage lithique relevé dans la grotte, en patois, La Bouffia Bonneval, située à La Chapelle-aux-Saints ; aux débris animaux recueillis dans cette station moustérienne et à l'aspect de la sépulture qui contenait le squelette de l'homme moustérien de La Chapelle-aux-Saints, si minutieusement étudié par M. Boule dans les ANNALES DE PALÉONTOLOGIE (1911-1913).

L'outillage lithique du gisement moustérien de La Chapelle-aux-Saints se composait de 1420 pièces en silex et de 880 pièces en quartz. Voici la conclusion du travail dans lequel les auteurs ont analysé ces outils : « Cet outillage appartient nettement et incontestablement au Moustérien typique : peut-on préciser davantage ? La meilleure étude que nous ayons, à notre connaissance, des différents niveaux du Moustérien est celle de M. Bour-

(1) A. et J. Bouyssonie et L. Bardon, *La Station moustérienne de la Bouffia Bonneval à La Chapelle-aux-Saints*, dans l'ANTHROPOLOGIE, t. XXIV, n° 6, nov.-déc. 1913, pp. 609 et suiv.

lon sur l'industrie même du Moustier (Revue Préhistorique 1910, n° 6 et 1911, n° 9). Malgré la présence de quelques types aurignaciens, lames retouchées, grattoirs, etc., nous ne pouvons identifier le niveau de La Bouffia ni avec la couche 1, qui est absolument aurignacienne, ni avec la couche 2, niveau de l'abri Audit de MM. Breuil, Capitan, Peyroni. Il n'y a pas de ces petits coups-de-poing, ni surtout de ces pointes incurvées, en nombre, qui sont si caractéristiques de cet horizon.

» La ressemblance est beaucoup plus grande avec les couches n° 3 et n° 4 : même faune ; présence de racloirs à taille feuilletée et à tranchant incurvé, de pointes typiques, de scies relativement nombreuses, de coups-de-poing soignés qui n'existent pas au niveau inférieur du Moustier, de hachoirs, de pièces à double patine, d'éclats de débitage à faces parallèles ; rareté des grattoirs, des tranchets, des perçoirs : tels sont les points communs. Les outils de La Chapelle-aux-Saints diffèrent en ce que le talon des pièces est très rarement retouché.

» M. Bourlon rapproche son niveau 3 de l'industrie de La Quina ; c'est aussi tout à fait notre impression que notre Bouffia est extrêmement semblable comme outillage à La Quina. Les outils bien retouchés tout autour, qu'on pourrait appeler naviformes, forment un point de ressemblance qui n'existe pas au Moustier, sauf exceptionnellement au niveau 2 ; ils rapprochent aussi notre station du Petit-Puymoyen. Mais il existe une différence importante, c'est l'extrême rareté, à La Bouffia, d'ossements utilisés, si nombreux à La Quina, du moins dans les niveaux supérieurs et à Puymoyen ; il est vrai qu'au Moustier même ils sont aussi à peu près absents.

» Nous n'insisterons pas sur la comparaison avec la couche 6 du Moustier, qui serait pour M. Bourlon le type du Moustérien pur : les ressemblances sont nombreuses, mais, sauf le grand nombre de scies, ne paraissent pas caractéristiques....

» Nous croyons pouvoir ranger La Chapelle-aux-Saint au même niveau que la couche n° 3 du Moustier, Moustérien moyen, peut-être un peu au-dessous et, donc, très près aussi de La Quina inférieure, du Petit-Puymoyen et de La Ferrassie, niveau inférieur, tout en y reconnaissant, à côté de survivances anciennes, des signes précurseurs ou des infiltrations d'un Aurignacien déjà accentué. En tout cas il est très intéressant de constater l'extraordinaire homogénéité de ces diverses stations dans leur industrie, comme dans leurs restes humains. »

La faune trouvée à La Chapelle-aux-Saints comprend le

Renne, le Bison et peut-être *Bos primigenius*, la Marmotte, le Bouquetin, le Loup et le Rhinocéros à narines cloisonnées. Ce qui domine, ce sont les os des membres, les apophyses épineuses de la colonne vertébrale et les mâchoires inférieures. Tous les os longs, contenant de la moelle comestible, ont été systématiquement brisés, soit à coups de pierres, soit sur des pointes. Le choc est venu le plus souvent de l'extérieur, mais sur quelques spécimens, l'esquillement s'est produit de dedans en dehors. Tandis qu'à la station moustérienne de La Quina un certain nombre d'os ont été utilisés comme outils, l'utilisation de l'os à La Chapelle-aux-Saints reste assez problématique.

Nous appelons l'attention du lecteur sur la troisième partie du travail des auteurs, relative à la sépulture de La Chapelle-aux-Saints.

Peut-on constater les marques d'un soin donné aux morts, d'un respect pour la dépouille humaine ?

Les faits relevés paraissent manifester l'existence de ce double sentiment.

Le cadavre avait été déposé dans une position repliée, qui est l'attitude du sommeil, image de la mort.

Il y avait au-dessus de la tête de larges plaques d'os : on peut y voir des marques de respect et de protection du cadavre.

Autour du squelette étaient disposés des os et de beaux instruments en silex. Comment ne pas conclure que l'on avait mis à la portée du défunt des pièces de venaison pour sa nourriture, des outils et des armes pour son usage et sa défense ?

L'existence d'une sépulture intentionnelle est démontrée par la fosse dans laquelle le cadavre avait été déposé et que l'on avait creusée par un travail pénible dans le sol marneux de la grotte.

Des constatations analogues pour l'un ou l'autre de ces rites funéraires ont été faites, quand on a découvert les autres squelettes qui datent de l'époque moustérienne et qui appartiennent à la race de Néanderthal, au Moustier, à La Ferrassie et à Spy. Le squelette de La Quina paraît être celui d'un individu noyé accidentellement et les ossements de Krapina semblent être les restes d'un carnage, abandonnés sans sépulture.

A présent on lira avec intérêt la conclusion que les savants auteurs déduisent de l'observation des rites funéraires de l'époque moustérienne :

« On constate des manifestations de soin, de protection, de

respect pieux. Mais ces sentiments sont-ils liés nécessairement à la croyance en l'existence d'une âme qui survit après la mort corporelle? On ne peut le démontrer d'une façon absolue. Toutefois l'esprit est naturellement porté à cette conclusion, aussi bien *à priori* que par les comparaisons ethnographiques auxquelles on est en droit de recourir dans une sage mesure. Évidemment ces conceptions étaient encore fort imprécises, mais rien ne permet de refuser à ces hommes l'essentiel de ces sentiments supérieurs. Nous terminerons donc cette étude sur la sépulture de l'homme de La Chapelle-aux-Saints par la même conclusion que nous donnions à notre article du Cosmos : dans la mesure où il est démontré par la philosophie et par la science que l'acte d'ensevelir les morts suppose des croyances et des sentiments religieux, dans cette mesure-là on peut affirmer que, dès la période moustérienne, il y avait de la religion dans l'humanité. »

Les subdivisions du Paléolithique supérieur. — M. l'abbé Breuil a consacré une étude des plus fouillées au Paléolithique supérieur. Il en a établi la division d'après la technique et la distribution géographique de l'outillage et il s'est livré à une recherche vraiment scientifique en essayant d'expliquer l'origine de chacune des phases de cette époque préhistorique si longue, si diverse et si compliquée (1).

« Le temps n'est plus, dit-il, où l'on pouvait rêver d'une évolution toute simpliste, partout identique à elle-même, où chaque phase serait issue sur le même sol de la période précédente, et aurait par ses seuls moyens, procréé celle qui lui a succédé. Les travaux se multiplient sur des régions de plus en plus éloignées, et l'on peut déjà apercevoir, entre elles, des analogies et des différences notables dans l'évolution industrielle. Il devient de plus en plus évident que ce que l'on a pris d'abord pour une série continue, due à l'évolution sur place d'une population unique, est au contraire le fruit de la collaboration successive de nombreuses peuplades réagissant plus ou moins les unes sur les autres, soit par une influence purement industrielle ou commerciale, soit par l'infiltration graduelle ou l'invasion brusque et guerrière de tribus étrangères...»

(1) H. Breuil, *Les subdivisions du Paléolithique supérieur et leur signification.* Dans Congrès internat. d'Anthrop. et d'Archéol. préhistor. Compte rendu de la xive session. Genève, 1912, pp. 165 et suiv.

Voici comment le savant auteur esquisse les différentes phases qui se sont déroulées pendant l'Aurignacien :

« On peut, dans la France du centre et du sud-ouest, reconnaître comme devant être placés au voisinage les uns des autres et dans le premier tiers de l'Aurignacien, le niveau de l'abri Audi, à tendance encore moustérienne, le niveau de Chatelperron, nettement aurignacien, mais trop apparenté au précédent par ses silex pour s'en écarter beaucoup chronologiquement, d'autant mieux que le gisement de la Ferrassie présente un type parfaitement intermédiaire entre les deux. A un niveau un peu supérieur, se rencontrent des stations qui accentuent beaucoup la note aurignacienne ; les silex montrent la belle retouche caractéristique de cette période ; les lames sont fortes et grandes, avec des coches marginales simples, opposées ou alternes, larges et nombreuses, les grattoirs carénés, massifs et peu soignés apparaissent, ainsi que de rares burins, principalement sur angle avec retouche transversale ou convexe. L'outillage osseux s'enrichit d'instruments variés, parmi lesquels la pointe d'Aurignac, à base fendue ou non, est la plus connue. A ce niveau appartient l'assise à statuettes de Brassempouy.

» Avec l'Aurignacien moyen plus développé, les grattoirs carénés se multiplient beaucoup, et se diversifient ; leurs retouches lamellaires sont longues et fines, bien parallèles ; on les retrouve aussi sur divers objets un peu épais ; les burins de presque tous les types sont inventés, avec prédominance, d'abord, du burin busqué, puis bientôt du burin d'angle. La pointe de la Gravette apparaît timidement, ainsi que l'outillage microlithique. L'outillage en os est extrêmement nombreux ; l'art décoratif, le dessin linéaire, la peinture à fresques sont en usage. C'est le point culminant de la retouche aurignacienne, bien que, vers la fin, la décadence se note déjà.

» L'Aurignacien supérieur montre en effet un nombre beaucoup plus restreint de silex retouchés, mais la taille des lames allongées et étroites devient fort habile ; les burins en bec de flûte, polyédriques, ou prismatiques, et surtout sur angle de lame à retouche transversale oblique, droite, convexe ou concave, sont souvent extrêmement nombreux, et d'une diversité de dimensions et de facture déconcertante ; la pointe de la Gravette a un tranchant abattu, verticalement d'un bout à l'autre, et à extrémité (parfois les deux) très acérée... On y trouve souvent associées, les pointes à soie, c'est-à-dire à cran bilatéral, de Spy,

Font-Robert, Laussel. Ces pièces elles-mêmes sont constamment en contact avec des prototypes solutréens de feuilles de laurier ébauchées maladroitement. Les types d'os travaillé évoquent parfois ceux du plus vieux magdalénien... La décoration sur os est parfois très remarquable ; la sculpture des personnages humains en figurines ou en bas-reliefs est largement usitée ; on grave et on sculpte aussi des animaux sur pierre...

» Telle est l'évolution de l'Aurignacien français, et ce qu'on sait de celui de Belgique, d'Allemagne, de Pologne, d'Autriche et des Cantabres, montre des stades analogues... »

Comment l'Aurignacien a-t-il pris naissance ? Quelle hypothèse peut-on formuler sur l'origine de cette première période du Paléolithique supérieur ?

Nous croyons que M. Breuil lui attribue une origine africaine et que ce stade si intéressant des temps préhistoriques a débuté par une invasion de peuplades nouvelles :

« Dans l'état actuel de nos connaissances, il paraît établi que l'arrivée des paléolithiques supérieurs ait amené, à la fin du Moustérien, un changement social et industriel et une substitution de race humaine si profonde, qu'il serait certainement légitime, dans une classification bien coordonnée, de séparer le Paléolithique ancien des temps qui le suivent par une coupure de grandeur égale à celle qui sépare ceux-ci de l'époque néolithique.

» On ne peut facilement supputer la voie par laquelle les nouveaux venus sont arrivés : les Aurignaciens ont colonisé certainement presque toute la périphérie de la Méditerrannée, et toute l'Europe centrale et occidentale. Des motifs ethnographiques et des ressemblances dans les types humains plaideraient plutôt pour une origine africaine, mais il ne semble pas qu'on puisse songer à la région algérienne ; on ne peut guère penser, en tout cas, à une origine orientale, car les facies primitifs de l'Aurignacien n'ont pas encore été rencontrés en Europe centrale et orientale. »

Voici en quels termes M. l'abbé Breuil rend compte de l'épanouissement de l'épisode solutréen :

« ... Tout à coup, en Dordogne, au Tribolite (Yonne), et jusqu'en Ardèche, vient le Protosolutréen : grand appauvrissement industriel, par rapport à ce qui précède : vraie chute dans le travail de l'os, qui persiste, mais régresse beaucoup, vraie chute aussi, dans la diversité et la confection des autres outils, les

pointes à face plane exceptées, à retouche solutréenne partielle, belle sans doute, mais monotone.

La technique solutréenne se perfectionnant, la feuille de laurier, caractéristique du plein solutréen, est créée et se rencontre de la Pologne et la Hongrie à la Bavière par la Moravie, puis en France, principalement à l'ouest et à l'est du Plateau central, et jusque dans la province de Santander... Dans les Pyrénées françaises, pourtant, les recherches n'ont pas abouti jusqu'à présent à trouver des stations solutréennes... »

Quant à l'origine du Solutréen, M. l'abbé Breuil est tenté de la chercher à l'est de l'Europe :

« Ce n'est pas vers le sud qu'il faut chercher l'origine du solutréen, et la province méditerranéenne, y compris les Pyrénées proprement dites, n'a probablement pas connu cette industrie.

» Elle semble au contraire devoir provenir de l'est de l'Europe, et les dernières fouilles dans les grottes hongroises indiquent dans ce pays un grand développement du vieux Solutréen... »

L'auteur s'étend longuement sur l'évolution du Magdalénien. Choisissons deux des textes les plus suggestifs :

« Il est peu de gisements où le plus vieux Magdalénien soit mieux représenté qu'au Placard, et développé en couches distinctes donnant l'idée du long développement de cette période avant la floraison artistique si séduisante que tout le monde admire. Trois vastes assises assez facilement discernables y sont observées, sans qu'aucun prototype de harpon apparaisse encore, sans qu'aucune œuvre d'art comparable à la série classique puisse encore être signalée. Ces horizons, reconnaissables aux types des sagaies et aux motifs décoratifs, existent au moins partiellement en Pologne, en Suisse au Kesslerloch, en Périgord, dans les Pyrénées et les Cantabres. Ce n'est qu'au-dessus que se développent les assises à harpons, d'abord rudimentaires, puis à une et à deux rangées de barbelures, ce qui fait de cinq à six divisions fondamentales magdaléniennes avec leur outillage suffisamment reconnaissable, et leur position précisée par des superpositions stratigraphiques bien constatées. Notons, comme caractères analogiques réalisés à de grandes distances, la similitude des schémas gravés sur objets de bois de renne des deux couches magdaléniennes inférieures du Placard, avec ceux de la grotte polonaise de Maszycka à Oicow, avec d'autres des couches correspondantes du Castillo (Santander), de Solutré (1907), du Périgord et du Poitou. »

« L'histoire des sagaies est fort instructive : à la base du Magdalénien, on rencontre des formes lancéolées, généralement puissantes, à base fortement élargie se projetant comme un lissoir à contour ogival dont la face déclive est sillonnée de traits souvent disposés en épis ou en rayons. Puis le biseau se précise ou laisse la place à une base pointue, le fût s'arrondit et s'allonge, parfois se courbe, il se sillonne d'une fine rainure dorsale. Ensuite les sagaies diminuent de volume, les pointes à base en biseau simple deviennent toutes mignonnes, souvent très courtes, avec une ou plus souvent deux profondes rainures opposées ; avec celles-ci se trouvent de minces pointes fusiformes profondément creusées de deux cannelures latérales. Puis vient le règne des sagaies à base en double biseau qui se trouvent avec les harpons à simple et surtout à double rangée de barbelures. »

Les considérations du savant auteur sur l'origine du Magdalénien sont aussi originales qu'intéressantes :

« D'où venaient les Magdaléniens ? De notables analogies avec l'Aurignacien supérieur pyrénéen, principalement en ce qui concerne l'art pariétal (gravures de Gargas), l'usage répandu des marques de chasse, même la forme très élargie et aplatie à la base des grosses sagaies du vieux Magdalénien peuvent faire songer à un berceau pyrénéen, puisque cette contrée française paraît manquer de l'épisode solutréen. La médiocrité et la rareté des gisements de silex dans ce pays expliqueraient partiellement l'inhabileté des vieux magdaléniens à travailler cette matière avec art. Il ne s'agit là que d'une pure hypothèse ; il semble qu'au moins des éléments fondamentaux de l'Aurignacien supérieur ont contribué, par quelque voie incertaine, à constituer le noyau de la civilisation magdalénienne, durant que l'épisode solutréen se déroulait. Il ne semble pas, en tout cas, que les Magdaléniens, s'ils ont une origine étrangère, aient pu venir des provinces méditerranéennes, qui en manquent totalement. On peut au contraire songer à des éléments orientaux, car le Magdalénien ne manque ni en Autriche, ni en Pologne. Des stations de vieux Magdaléniens misérables existent dans le loess d'Autriche, ainsi que M. Obermaier l'a démontré ; en Pologne, la grotte du Maszycka, à Oicow, a donné une grande série d'os travaillés avec décorations schématiques et petites rainures longitudinales correspondant à la couche encore très ancienne de la grotte du Placard qui succède à la base du Magdalénien. Le fait qu'à une date bien plus récente, on trouvera vers l'Oural, et dans les provinces baltiques une espèce de Magdalénien particulier dont

l'origine n'est pas occidentale, doit incliner à faire admettre, vers l'extrême nord-est habitable à ces époques, un foyer magdalénien, qui a pu essaimer vers l'occident d'abord, puis, bien plus tard, vers la Baltique et l'Oural.

» Nous ne pouvons, en effet, négliger les caractères anatomiques décrits par Testut, de l'homme de Chancelade, et leurs relations avec le type Eskimo actuel, et cette indication plaide en faveur d'un élément nouveau, venu peut-être du fond de l'Asie sibérienne, mais qui bénéficia, dans nos régions, des acquisitions artistiques réalisées et conservées dans certains districts par les peuplades aurignaciennes ou leurs dérivés. »

La révolution qui s'est opérée à la fin du Magdalénien par l'apparition de l'industrie azylienne fournit à M. l'abbé Breuil l'occasion d'étudier l'origine et le cachet particulier des diverses industries microlithiques qui caractérisent la fin du Paléolithique et soit le commencement, soit certains facies du Néolithique.

J. Claerhout.

Le Professeur F. De Walque

La guerre fut une telle parenthèse dans notre vie que nous nous surprenons souvent, en supputant le temps, à omettre cette période tragique, à faire dater d'hier les événements qui se déroulaient dans les premiers mois de 1914.

La manifestation dont M. François De Walque, professeur de Chimie industrielle aux Écoles Spéciales, fut l'objet à Louvain, le 21 juin 1914, est, pour ses nombreux amis, un de ces événements-là. Le souvenir leur en est resté si plein de fraîcheur, si vivant et si cher, qu'ils nous reprocheraient de ne pas le fixer pour l'avenir, en consacrant quelques pages à cette fête dans la Revue des Questions scientifiques. Aussi bien, la *Société scientifique de Bruxelles* a-t-elle toujours saisi avec empressement l'occasion de s'associer aux témoignages d'admiration, de reconnaissance et de sympathie dont furent honorés ses membres les plus éminents. Elle faillira d'autant moins à ce devoir que M. F. De Walque fut pour elle un ami des premiers jours, un ami de tous les jours qui ont suivi, pendant voici près de cinquante ans.

L'admission de M. De Walque à l'éméritat, après quarante-trois ans de professorat, fournit l'occasion de la fête. Elle fut organisée par l'*Union des Ingénieurs de Louvain* dont M. De Walque avait été élu président en 1909. C'est aux Halles universitaires, aujourd'hui imposantes et tristes ruines, qu'eut lieu la cérémonie. La grande salle des Portraits, pavoisée et fleurie, se

trouva trop petite pour contenir la foule des amis, des collègues et des élèves de M. De Walque, accourus de tous les coins de la Belgique. Parmi eux, le Recteur Magnifique, Mgr Ladeuze ; les Vice-Recteurs de l'Université, Mgr Coenraets et Mgr Van Cauwenberg ; MM. Segers, ministre des Chemins de fer ; Beco, gouverneur du Brabant ; Lagasse de Locht, inspecteur général des Ponts et Chaussées ; Caufriez, directeur général de la Société Nationale des Chemins de fer vicinaux ; Pauls, président du Tribunal ; Henry, procureur du Roi ; le R. P. Thirion, S. J. ; MM. Timmermans, président de l'Association des Ingénieurs et Industriels ; Jadot, gouverneur de la Société Générale ; de nombreux professeurs de l'*Alma Mater ;* de nombreux industriels.

Citons quelques extraits du discours que M. Bonnevie, président actuel de l'*Union*, prononça en cette circonstance.

Il est une fête, très grande parce qu'elle part d'un mouvement religieux de notre âme, très douce parce qu'elle est, vraiment, la fête des cœurs, et qui, mieux que toute autre, en mérite le nom : c'est celle qui réunit autour d'un père aimé des enfants fidèles et empressés à proclamer qu'il a bien mérité de Dieu et des siens, que son œuvre a été féconde, que les exemples de ses vertus, de son labeur, de sa bonté ont laissé leur trace vivante, et que ceux qu'il a formés et armés pour la vie lui en gardent une reconnaissance profonde, en lui rendant, en retour de ses peines et de ses bienfaits, un filial amour. Cette fête bénie, l'Union des Ingénieurs de Louvain la célèbre en ce jour.

Vous les voyez ici réunis, tous ceux qui ont fait ou font leur chemin suivant le sillon que vous leur avez tracé, formés, guidés et soutenus par vos leçons, vos conseils, vos encouragements, votre appui et vos exemples. Les uns, vos collègues éminents et dévoués ;

d'autres, chefs estimés de nos nombreuses industries ou y faisant leurs premières armes sous l'égide de leurs aînés ; d'autres encore, répandus dans nos administrations publiques, où certains occupent des positions élevées ; tous étroitement, fraternellement unis. C'est bien là une grande famille.

Professeur à nos Écoles Spéciales depuis leur création, après avoir occupé pendant près de cinquante ans la chaire où vous nous avez initiés, avec cette haute compétence et cette simplicité qui faisaient la grande valeur de votre enseignement, à l'une des branches fondamentales de l'industrie, c'est à peine si vous vous êtes décidé à un repos bien mérité.

Je me rappelle, comme si c'était d'hier, la patience, la douceur, la bonne méthode avec lesquelles vous nous initiiez, jeunes étudiants, aux premières manipulations chimiques, guidant nos ignorances, veillant sur nos maladresses, nous prémunissant avec sollicitude contre nos imprudences, fermant les yeux, autant que vous le pouviez, sur les petites malices dont, hélas ! peu d'entre nous n'ont pas gardé quelque trace sur la conscience. C'étaient, dans leur essentielle utilité, nos meilleures heures de première année, les plus agréables, celles qui formaient notre confiance.

Vous étiez de ces professeurs qui comprennent et qui aiment l'étudiant, toujours prêts à lui venir en aide, à l'éclairer, à l'encourager, de ceux qui trouvent leur bonheur à lui rendre tous les services que leur savoir et leur expérience leur permettent de lui prodiguer.

Ingénieur des mines et des arts et manufactures, sorti des Écoles Spéciales de Liége en 1860, à peine votre diplôme obtenu, vous vous engagez sans hésitation dans la voie la plus pratique qui s'offrît en ces temps à votre activité, à vos connaissances spéciales, et, dès 1861, vous vous faisiez remarquer par des recherches de minerais d'alluvion dans les environs

d'Arlon et d'Athus, puis par vos études de gisements de minette dans le Grand-Duché de Luxembourg, où, à cette époque, régnait une véritable fièvre pour l'achat de terrains miniers dont l'exploitation a été le facteur le plus puissant de l'industrie grand-ducale.

Avec le concours de votre frère, l'éminent professeur de géologie à l'Université de Liége et de quelques amis luxembourgeois, vous fondâtes alors la « Société luxembourgeoise pour l'exploitation des Mines de Fer » dont vous devîntes président et dont l'existence fut si prospère. Dans ces dernières années, une puissante société belge de hauts fourneaux put encore racheter la partie importante de ces mines restant à exploiter.

Cette preuve d'appréciation, de discernement et de valeur que vous donniez ainsi dès l'abord, ne passa pas inaperçue et vous fûtes, par la suite, chargé de plusieurs missions importantes à l'étranger.

En 1865, vous alliez étudier, dans le Nassau, un gisement de minerai de fer oolitique fort embrouillé.

En 1869, vous faisiez partie d'une mission chargée d'explorer la région du Donetz C'était l'important préliminaire des études qui aboutirent à l'industrialisation de ce bassin si riche du Donetz, où tant de membres de notre Union trouvèrent, par la suite, à s'employer.

En 1872, vous retournez dans le Nassau pour vérifier des gisements de phosphates offerts à une société belge.

En 1893, une mission fut chargée d'aller étudier en Angleterre le four Nargreaves pour la fabrication du sulfate de soude et l'introduction en Belgique de ce procédé de fabrication : vous en faisiez partie également.

En 1899, vous êtes chargé d'aller déterminer en Bosnie-Herzégovine la valeur de gisements de cinabre et de cuivre.

De nombreuses industries firent aussi appel à vos conseils qui, toujours, leur furent précieux.

Pour n'en citer qu'une, la distillerie de L. Meeus, de Wyneghem, la plus grande du pays, qui s'est toujours tenue au courant du progrès, doit à votre concours éclairé de très importants perfectionnements.

De pareilles coopérations, à elles seules, mettent bien en lumière la compétence de vos conseils, l'activité soutenue de vos recherches, votre autorité incontestée, en matière d'industrie chimique tout particulièrement.

Mais ce n'est là qu'une des faces de votre vie si féconde et si noblement remplie.

Votre œuvre didactique, votre contribution recherchée aux travaux des sociétés savantes et des organismes supérieurs du pays en sont une autre.

De 1877 à 1912, nous avons vu paraître, à l'usage surtout de vos élèves, des *Exercices de Chimie Pratique*, un *Manuel de Chimie Opératoire*, un *Manuel de Manipulations*, qui furent fondus en un seul volume sous le titre de *Manuel de Manipulations Chimiques et de Chimie Opératoire*, dont la sixième édition a paru en 1912, puis le *Recueil de Lois et Arrêtés à l'usage des Élèves du cours de Droit Administratif*.

Citons aussi des *Tableaux Synoptiques pour la recherche des Bases et des Acides*, dont la deuxième édition a paru en 1908 et, enfin, des *Albums des figures des Cours de Chimie Industrielle*, parus en 1910 et 1911.

Dès la création de la *Société scientifique de Bruxelles*, vous faites partie de son Conseil et nous trouvons dans ses Annales une vingtaine de notes se rapportant surtout à des communications que vous avez faites à la deuxième section de cette Société.

Et puis, dans combien d'occasions le gouvernement ne fit-il pas appel à votre collaboration éclairée ?

Je me borne à en rappeler quelques-unes.

En 1896, lorsque s'élaborait l'importante loi sur la fabrication des alcools, vous fîtes partie de la *Commission des Distilleries*, chargée de l'étude de questions

délicates réclamant une science et une pratique toutes spéciales à ce genre d'industrie fiscale.

A deux reprises, vous fûtes membre de la *Commission des Poudres*, d'abord en 1886, pour l'examen des modifications à apporter à la loi sur les matières explosives ; ensuite en 1902, lorsque, sous votre présidence, la Commission de tir eut à étudier et à expérimenter les pressions développées par les poudres vives du commerce avec les charges réglementaires pour l'usage des tireurs. C'est depuis cette même année que vous êtes membre du *Conseil supérieur d'hygiène de Belgique*, au sein duquel vous occupez une place si distinguée.

Tout récemment encore, en 1912, vous étiez appelé à faire partie de la Commission d'étude des questions intéressant notre station balnéaire de Spa.

Ces quelques exemples montrent bien, cher président d'honneur, dont notre Union a le droit d'être fière, que vos hautes qualités d'homme de science et de juste appréciateur sont reconnues depuis longtemps, et dans le monde savant, et dans le monde industriel, par nos divers gouvernements et par les gouvernements étrangers.

Il n'est pas un seul d'entre nous, depuis les plus anciens jusqu'aux plus jeunes, qui n'ait contracté envers vous une dette de reconnaissance et il n'en est pas un seul non plus à qui il ne soit bien doux de s'en acquitter. Car, mon cher Monsieur De Walque, on connait votre trop grande modestie, vous avez trouvé le droit chemin de nos cœurs par cette bonté, reflet de la bonté de Dieu, qui est la plus noble trace qu'il soit donné à l'homme de laisser en cette vie.

Après le discours de M. Bonnevie, fréquemment souligné d'applaudissements, M. De Walque prit la parole. Dans l'impossibilité de reproduire tout son discours, nous devons, à regret, nous borner à en reproduire quelques passages.

Bien souvent depuis ces derniers temps je me suis rappelé cette maxime du philosophe grec γνῶθι σεαυτόν et je me suis appliqué à me connaître moi-même. Aussi, après examen soigné de ma vie, suis-je tout à fait confus de l'excès d'honneur dont vous me comblez aujourd'hui.

Quand, en 1866, j'eus l'honneur d'être appelé par Mgr Laforêt à donner le premier cours de chimie industrielle aux Écoles Spéciales, qui venaient d'être créées, je prêtais serment entre ses mains, de tout faire pour le plus grand bien de l'Université et de la Religion.

Or, le plus grand bien pour nos Ecoles était sûrement de former de bons ingénieurs ; aussi le but de toute ma vie universitaire a été d'accomplir, au mieux de mes forces, ce que j'avais promis. Jour par jour, j'ai trouvé ma récompense dans cette réconfortante pensée, que je n'agissais que pour le progrès de nos Ecoles et de l'Université Catholique.

. . . . . .

La *Société scientifique de Bruxelles* s'est fait représenter à cette fête par deux de ses membres les plus distingués. Combien j'en suis flatté !

M. Lagasse de Locht, vice-président, qui a plusieurs fois présidé cette Société, en est un des membres fondateurs et a toujours fait partie de son Conseil de Direction, au sein duquel il nous a fait bénéficier de l'étendue et de la grande variété de ses connaissances.

Il a toujours été un des membres les plus assidus et les plus influents de la Société scientifique. Aux assemblées générales, il nous a donné diverses conférences très remarquées et ses travaux dans les Sections ont été fort nombreux et intéressants.

Ce m'est un vrai plaisir de lui dire combien je me sens touché de la participation qu'il a prise à cette manifestation et de lui adresser mes meilleurs remerciements pour l'honneur qu'il me fait.

Près de lui j'aperçois le R. P. Thirion. Tout le monde connaît la brillante participation prise par le savant religieux aux travaux de la Société scientifique de Bruxelles. Il en est le secrétaire de fait. C'est lui qui assure en plus la régularité des publications de la Société : le BULLETIN et la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, où très souvent il a inséré des articles très remarqués.

Voilà près de quarante ans que j'assiste aux séances du Conseil et aux assemblées de cette Société, et j'ai pu constater la valeur et le dévouement du P. Thirion. Que mes remerciements soient en rapport avec tout le bien qu'il a réalisé.

. . . . . .

Je termine. Souvent on m'a dit que l'éméritat, cet *otium cum dignitate*, amène une phase de tristesse spéciale, que l'on éprouve en cherchant autour de soi ses anciens compagnons de route qui, rappelés par Dieu, vous laissent de plus en plus isolé dans le chemin de la vie. Grâce à vous, Messieurs, votre président d'honneur n'en est guère là, et le contact fréquent et affectueux avec vous tous m'a procuré un renouveau de jeunesse qui me soutient et ne me laisse pas trop penser à l'âge qui s'avance !

Près de vous, chers amis, je me sens revivre ; et c'est une raison de plus de vous vouer une reconnaissance toute particulière pour la manifestation de ce jour.

Merci, encore merci !

Le vénéré professeur, chaleureusement acclamé par ses amis, est entouré par eux avec un affectueux empressement, qui révèle, mieux qu'aucun discours, l'estime, la reconnaissance et la sympathie dont jouit l'éminent professeur de l'Université de Louvain.

LA RÉDACTION.

LE CONFLIT

SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES

(Suite)

L'homme ne se résigne pas aisément à avouer son impuissance ; il est au contraire enclin à s'exagérer la portée de son action.

Imbus de la conception de l'harmonie de l'Univers, les physiciens d'autrefois ne croyaient pas pécher par présomption en se proposant d'expliquer le Monde ; d'autre part, exaltés par les succès obtenus, ils pensaient qu'à force d'interroger la Nature, ils arriveraient à lui ravir ses secrets. Un horloger, entendu dans son métier, est autorisé à espérer qu'il lui sera possible de comprendre n'importe quel chronomètre, s'il lui est donné d'en ouvrir le boîtier, d'en examiner et d'en démonter les rouages.

On était d'autant plus porté aux grands espoirs que l'on croyait davantage à la simplicité des lois de la création et à leur généralité. « Il suffit que Gay-Lussac touche à un sujet pour trouver une loi », s'écriait non sans quelque jalousie Dulong en 1825 (1). C'était l'époque où ces Messieurs du Muséum n'allaient pas déjeuner avant d'avoir découvert quelque chose dans leur matinée.

Mais, plus la science progressait, plus grande appa-

(1) De la Rive, *Notice sur M. Verdet* ; préface aux Notes et mémoires de Verdet (Paris, Imprimerie nationale, 1872) ; p. 35.

raissait la complexité des phénomènes ; à mesure que les regards y plongeaient plus profondément, l'obscurité devenait plus épaisse, et un jour vint où l'on se prit à désespérer de jamais y voir clair. La loi de Gay-Lussac n'était qu'une première approximation ; comme celle-là, la loi de Mariotte ne convenait qu'au seul cas d'un gaz parfait ; or, c'est un cas limite, un cas fictif ; pour les gaz réels, il faut recourir aux formules de Regnault, de Cailletet, de Van der Waals, de Sarrau, d'Amagat, etc., qui ne sont encore pas rigoureuses et ne tolèrent aucune extrapolation. Les dilatations, les tensions des vapeurs saturées, la dispersion de la lumière et le pouvoir réfringent des gaz ne répondaient plus aux considérations élémentaires des premiers jours. Les équations linéaires ne donnaient que des résultats moyens ; en chaleur et en électricité, l'emploi des fonctions harmoniques de la mécanique céleste s'imposait, et M. Émile Picard annonçait qu'on serait amené à employer, pour la représentation exacte d'un grand nombre de phénomènes, d'autres fonctions que les fonctions analytiques (1).

Les débris des lois corrigées ou condamnées et des théories abandonnées sans retour couvraient le sol, et quelqu'un osa écrire que la physique était devenue un « cimetière d'hypothèses » ; il sacrifiait la vérité au plaisir de placer un mot. Toutefois, on ne saurait nier que bon nombre d'hypothèses étaient infirmées par les plus récentes observations, devenues plus précises, et qu'on se voyait réduit à les abandonner, ou bien à les modifier et à les compléter, ou encore à les multiplier à l'excès.

Une réaction se produisit : elle fut trop vive.

(1) E. Picard, *Rapport sur les sciences*, publié à l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris de 1900.

On aurait dû redoubler de circonspection et se garder de conclusions hâtives ; au lieu de cela, on vint à se dire que les plus séduisantes hypothèses et les théories les plus accréditées conduisaient à plus d'erreurs que de découvertes ; de cette suite de déceptions naquirent le découragement et le scepticisme.

Il parut alors aux physiciens qu'ils se trouvaient dans la condition de l'horloger qui ne parviendra jamais à ouvrir le boîtier du chronomètre ; ils se sont contentés par suite d'observer la marche de ses aiguilles et de chercher la loi de leur déplacement sur le cadran en fonction du temps. Et ils se sont pris à douter systématiquement de leur belle science.

Renonçant donc à découvrir le *pourquoi*, ils se sont consacrés avec d'autant plus d'ardeur à la seule recherche du *comment* ; ils ont défini la théorie physique dans les termes qui suivent : « C'est un système de propositions mathématiques, déduites d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales » (1).

Ils se sont donné pour objectif, non pas d'expliquer la Nature, mais de l'étudier dans ses œuvres ; de connaître les choses uniquement par leurs effets et nullement par leurs causes présumées. C'est ainsi qu'ils sont devenus les pragmatisants que nous savons.

Par définition, ont-ils dit, la physique est la science qui s'arrête aux causes prochaines des phénomènes.

Chercher à remonter à l'origine et à la raison des choses, et à interpréter la création, ce n'est plus de la physique.

C'est de la métaphysique.

Et tout le débat entre les deux écoles s'est trouvé

(1) Duhem, LOC. CIT., *La Théorie physique*, p 26.

circonscrit, à un moment donné, dans ce peu de mots : l'une fait de la métaphysique, l'autre se refuse à en faire (1).

Cette formule brève et incisive paraissait résumer tout le différend, mais elle n'en donnait pas la solution.

Un examen approfondi va nous montrer qu'elle énonçait une phobie, rien de plus, une phobie peu raisonnée, qui portait plus sur les mots que sur les choses.

Pourquoi donc, demandait-on à ces physiciens scrupuleux, pourquoi ne voulez-vous pas faire de la métaphysique ? Vous détournez vos lèvres de la coupe que l'on vous présente, comme si elle était empoisonnée. A quel sentiment obéissez-vous, un sentiment de dédain ou d'animadversion ? Les deux seraient injustifiés. Il faudrait que le concours des deux pensées devint pernicieux pour le travail d'investigation : or, c'est le contraire qui est vrai.

Toutes les sciences peuvent se prêter un mutuel appui et elles se le doivent : en particulier, deux sciences, qui ont des objets communs, marcheront à la conquête de la vérité comme deux alliées, et elles remporteront des victoires auxquelles elles n'auraient pu prétendre en agissant isolément. Les physiciens et les chimistes se sont bien trouvés de la création de l'édifice, élevé par Henri Sainte Claire Deville et Berthelot, sur leur frontière commune, et la Chimie physique a pris en ces derniers temps une importance inespérée. Il y aurait un égal profit à fonder une Physique-Métaphysique : la distance est plus grande de la Chimie à la Physique que de la Physique à la Métaphysique.

Ces deux domaines du savoir sont en effet contigus et M. Boutroux a même déclaré qu'il n'y a point de fossé entre eux : « La science est une des branches des con-

(1) Duhem, Leç. d'H., *Physique et Métaphysique*, passim.

naissances humaines, la philosophie en est une autre, et elles ont un égal besoin l'une de l'autre » (1). Nous ne saurions trouver témoignage mieux autorisé et plus nettement exprimé.

Mais nous irons plus loin encore : les deux ordres d'étude appartiennent, comme on l'a dit, « au même monde », ce qui veut dire qu'elles sont l'œuvre d'un même sujet commun, notre esprit. Cette proposition n'est point paradoxale, il nous sera facile de le faire voir : en effet, la métaphysique, quel que soit le sens qu'on attache à ce mot, est la suite de la physique, son prolongement, sans hiatus, son couronnement.

L'expérimentateur a débuté par disséquer les éléments qu'il a recueillis, en isolant les faits ; il a classé objectivement ses acquisitions, ainsi qu'il a été dit ci-dessus, découvert entre elles des liens de parenté, transformé ces liens en lois et groupé finalement ces lois pour en construire une théorie : la systématisation des phénomènes et la réduction des lois particulières aux lois générales sont un résultat d'analyse et de synthèse. L'idée de la série, de l'ordre, de la succession, de l'unité, de la constance, de la causalité est le principe directeur qui conduit du fait à son origine, de l'expérience à la spéculation, de la science à la philosophie, qui la prolonge et la complète.

Cette manière de voir était celle des premiers physiciens, dignes de ce nom ; sans vouloir remonter plus haut, rappelons qu'en 1629, un Jésuite, le P. Nicolas Cabeo, avait publié une *Philosophia magnetica* ; vers le même temps, Descartes disait que la philosophie est

(1) Cf. : *M. Émile Boutroux* par G. Fonsegrive ; dans le CORRESPONDANT du 10 janvier 1914.

(2) Le titre de *métaphysique* a été inscrit en tête des livres d'Aristote qui viennent après ses traités de physique, τὰ μετὰ τὰ φυσικά ; quelques-uns pensent que ces mots indiquent une suite. D'autres estiment qu'ils veulent dire *ce qui est par delà la physique* et s'appliquent à la science des principes et de ce qui est au-dessus des sens.

une « réflexion sur la science » et il écrivait à Beeckmann, à propos d'une expérience, que, s'il lui était prouvé qu'elle fût fausse, il avouerait « ne rien savoir en philosophie » (1); Newton traçait les règles du travail scientifique et il caractérisait la méthode par le titre significatif de *Regulæ philosophandi* (2) : le physicien philosophait donc, et, de fait, on ne saurait dénommer autrement son œuvre, dans laquelle Leibniz voyait une fusion de la mathématique dans la métaphysique. Les Anglais ont retenu l'identification en conservant dans leurs Universités les chaires de « Natural Philosophy » (3). En 1739, Boscovich faisait paraître sa *Theoria philosophiæ naturalis* ; l'appellation est restée dans toutes les langues et elle est venue jusqu'à nous.

Dans son remarquable travail, dont le titre consacre l'existence d'une frontière commune entre la science et la philosophie (4), le P. Carbonnelle a montré ces deux disciplines « rapprochées jusqu'au contact » et « mêlées nécessairement » : « le savant, dit il, tout en restant sur son propre domaine, est arrivé à ces sommets, d'où l'œil pénètre au loin dans le domaine limitrophe de la philosophie ». M. Boutroux, que nous citerons de nouveau, a écrit excellemment : « dans les sciences mêmes, il y a, en réalité, pour qui approfondit leurs conditions d'existence, des postulats d'un caractère métaphysique.... ils consistent à admettre que tous les phénomènes de la nature sont soumis à ce qu'on appelle des lois naturelles » (5). Joseph Bertrand estimait

(1) Duhem a extrait ces mots d'une lettre de 1634, donnée dans la *Correspondance de Descartes* de Tannery et Adam ; voir Duhem, *La théorie physique*, p. 49.

(2) Newton, *Philosophiæ naturalis principia mathematica* ; 3e pars.

(3) Lord Kelvin a occupé cette chaire à l'Université de Glasgow, de 1846 à 1899.

(4) Carbonnelle, *Les confins de la science et de la philosophie* (Paris, Victor Palmé, en 2 volumes, 1881) ; passim.

(5) Boutroux, *Morale et religion*. REVUE DES DEUX MONDES, septembre 1919, p. 20.

que Robert Mayer était plus philosophe que physicien, lorsqu'il posait le principe de l'équivalence du travail et de la chaleur (1). Le fait d'expérience dont il partait était la différence des chaleurs spécifiques des gaz ; mais il avait d'abord rappelé que la force, immuable en sa grandeur, change incessamment de forme, et que toujours l'effet remplace la cause *(causa æquat effectum)* ; il invoquait le principe métaphysique de causalité. Helmholtz fut amené à son célèbre mémoire de 1847, sur la *Conservation de la force* (lisez de l'Énergie) par la recherche de la part que peuvent prendre les forces vitales dans les phénomènes de la nature ; ces forces ne pourraient-elles pas rendre le mouvement perpétuel possible ? Cette belle étude est donc née du conflit d'une idée philosophique avec un principe de mécanique rationnelle et elle en appelait à la formule célèbre *Ex nihilo nihil in nihilum posse reverti* (2). M Émile Picard déclarait plus récemment (3) que « la science physique se présente à nous comme une vue du monde extérieur, à travers des concepts tirés par abstraction de l'expérience » ; il ajoutait que « la mathématique est une pièce essentielle dans l'édification de la philosophie naturelle ».

Je ne multiplierai pas ces citations, empruntées à l'histoire des sciences et aux témoignages de nos contemporains. Il est établi que tout physicien, en subordonnant entre eux les phénomènes, cherche à y découvrir la suite des causes et des effets. Conformément à une fine remarque, qui me servira de conclusion, « jamais la philosophie ne doit abandonner le physicien, non pas qu'elle lui révèle *a priori* le but qu'il doit

(1) J. Bertrand, *Thermodynamique*, p. 63.
(2) Helmholtz, *Die Erhaltung der Kraft* ; 1847.
(3) E. Picard, *La mathématique dans ses rapports avec la physique*. REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 15 août 1908, p. 608.

atteindre, mais c'est elle qui le dirige et le guide sans cesse » (1).

Voilà donc que nous prenons en constant et flagrant délit de métaphysique ceux qui se défendaient si bien d'en faire ; ils en font, sans le vouloir, malgré eux, quelques-uns peut-être sans le savoir, ce qui est le plus piquant de la chose. N'insistons pas ; nous aurions mauvaise grâce.

A l'ordinaire, c'est après que le physicien croit avoir dit son dernier mot que se fait entendre le penseur de profession, le philosophe de la Nature, le métaphysicien anonyme et quelquefois inconscient qui est en lui. La physique peut être considérée comme une grande hypothèse à vérifier ; le philosophe a concouru à son établissement par des données qui ne sont pas d'expérience, mais de raisonnement. Il faut savoir trouver ce qui se cache derrière chaque loi et chaque hypothèse coordinatrice et pénétrer profondément au sein de ces matériaux ; c'est lui qui, en méditant sur les lois et les théories, fondées sur des faits habilement assemblés et logiquement comparés, les rapproche de nouveau des faits d'où on les a sorties et remonte à leur origine, c'est-à-dire à leur cause, par intuition (2) et par abstraction ; cette étude lui fournit souvent des vues plus générales sur l'essence des choses et sur les substances considérées en elles-mêmes.

En somme, physiciens et métaphysiciens traitent la même matière, mais en la prenant par des bouts opposés et en procédant à l'envi par analyse et par synthèse.

Tous deux développent une idée, suivant l'observation profonde de Claude Bernard : « c'est l'idée qui constitue le point de départ, ou le *primum movens* de

(1) J. de Joannis, *Les hypothèses physiques au point de vue philosophique.* Études, juin 1890 ; p. 221.

(2) Le mot *intuition (in tueri,* regarder à l'intérieur, au fond) dit bien l'opération que nous venons de décrire.

tout raisonnement scientifique, et c'est elle qui est également le but dans l'aspiration de l'homme vers l'inconnu » (1). L'expérience est pour les deux l'autorité suprême ; pour tous deux aussi les lumières de l'esprit illuminent les faits : l'idée, le but des deux est de connaître. Le second retravaille les matériaux déjà élaborés par le premier ; il les remanie en se plaçant à un point de vue supérieur ; pour lui, il y a plus de recul, il peut apprécier plus justement. A tout prendre, ils collaborent à une même tâche et se servent l'un de l'autre.

Nous avions donc raison de dire qu'elle est artificielle cette barrière, cette cloison étanche, qu'on voudrait élever entre la Physique et la Métaphysique, car on serait bien en peine de dire où finit celle ci et où commence celle-là. Le physicien qui éconduit dédaigneusement ceux qui l'interrogent sur l'essence des choses, en leur déclarant qu'ils se trompent de porte et les prie de s'adresser à la maison d'en face, où l'on en sait peut-être davantage, ne devrait plus en imposer à personne : physiciens et métaphysiciens habitent la même maison, mais à des étages différents.

Discussions de mots, nous diront quelques-uns ; revenez donc au point essentiel, auquel se réduit, à dire vrai, toute cette querelle des savants anciens et modernes, des dogmatistes et des pragmatistes. « Nous est-il possible, oui ou non, de connaître quelque chose de la nature des éléments et de remonter au delà des causes secondes » ?

Ecoutons les arguments des deux parties.

Eugène Vicaire pose nettement la question : pouvons-nous, dit-il dans le travail cité plus haut, non pas certes pénétrer tous les secrets de la Nature, mais en

(1) Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 47.

pénétrer quelques-uns ? Pouvons-nous acquérir de celle-ci une connaissance, non pas adéquate et complète, mais réelle tout de même, et nous en former une représentation qui soit vraiment l'image de ce qui existe ? — Il répond d'abord timidement : « Dès que l'on admet l'existence de la matière, la réalité de nos perceptions et leur vérité, c'est-à-dire leur conformité avec la cause qui les produit, il semble difficile d'assigner une limite quelconque aux connaissances que nous pouvons acquérir sur les phénomènes naturels et sur la structure intime de la matière qui en est le siège ». Mais il s'enhardit bientôt et il écrit ces mots décisifs : « Il n'y a aucune limite où l'on puisse me dire : au nom de la science, tu n'iras pas plus loin » (1).

L'affirmation est péremptoire dans sa concision ; l'argument sur lequel elle s'appuie gagnerait toutefois à être développé.

L'expérience nous met chaque jour en possession de faits nouveaux. En multipliant les questions posées à la Nature, en les variant de toute façon, en les combinant entre elles avec la perspicacité tenace et insidieuse d'un juge d'instruction, le physicien lui fait avouer un à un ses secrets. Le perfectionnement incessant des méthodes dont il fait emploi et des instruments dont il dispose, augmente incessamment la puissance de ses moyens d'investigation : sans croire au progrès indéfini, on a le droit d'escompter un immense développement de nos connaissances en surface et en profondeur : nul ne saurait dire où et quand s'arrêtera ce développement.

On sera conduit certainement à une vision toujours plus claire, plus pénétrante, plus largement compréhensive des propriétés qu'il faut attribuer aux sub-

(1) *Loc. cit.*, p. 464. Vicaire ne démontre pas la proposition, il l'éclaire par de judicieuses comparaisons, empruntées à la théorie atomistique, qui est pour lui plus qu'un symbole ; il espère que l'on découvrira un jour « le microscope qui dissipera les dernières hésitations ».

stances agissantes pour qu'elles puissent produire les phénomènes observés. Ces jugements ne seront pas entièrement conventionnels et arbitraires, s'ils reposent sur la base solide d'observations consciencieuses, de comparaisons justifiées et de déductions logiques. Il est vrai que chacun de nous donne, au gré de son imagination, une figure spéciale à ses concepts et un corps à ses abstractions et qu'il force quelquefois les faits « à se contorsionner » pour qu'ils prennent la forme souhaitée. Mais les artistes que sont nos physiciens travailleront d'après nature, en s'efforçant d'obtenir la plus grande ressemblance entre ce qui est réellement et ce qu'ils s'imaginent, entre l'œuvre de Dieu et celle de leur esprit. Il y a évidemment, dans la première, des traits qui ne peuvent être rendus avec une complète vérité, des détails qui échappent au crayon, des couleurs dont leur palette ne donne pas l'équivalent ; mais pourquoi leur ébauche n'en fournirait-elle pas quelques éléments plus saisissables que les autres et plus caractéristiques ? L'Univers, en tant qu'il est objet de science, présente des parties intelligibles à notre raison : « les machines de la Nature sont machines partout, quelque partie qu'on en prenne », écrivait le grand Leibniz à Bossuet ; elles présentent avec nos machines certaines conformités, que nous saisirons à la longue, en réduisant ces mécaniques à leurs rouages essentiels. On répète trop souvent que « nous ne saurons jamais le dernier mot de rien » : quel est donc l'oracle qui a prononcé ce verdict d'impuissance ? « L'homme peut plus qu'il ne sait », a dit Claude Bernard. La conception agnostique, d'après laquelle l'homme serait condamné à une ignorance complète des causes profondes des phénomènes, n'est pas un dogme indiscutable de la foi scientifique. On a pu dire avec hauteur et avec une assurance imperturbable, qui en a imposé aux masses, mais personne n'a

établi, qu'il existe un domaine clos, qui restera éternellement fermé pour nous : on a affirmé, mais personne n'a démontré, que telle ou telle partie des investigations scientifiques ne sera jamais ouverte à notre action, malgré tous les progrès de la technique et en dépit de tous nos efforts.

Cette dernière assertion occupe une si large place dans la thèse pragmatiste, que force est de nous y arrêter plus longuement que nous ne l'aurions voulu.

On argue donc d'une région réservée, inaccessible aussi bien aux expériences qu'aux spéculations et aux théories des physiciens.

Mais où est-elle cette barrière infranchissable, et quelle preuve nous donne-t-on de son existence ?

C'est, dit-on, la région des causes premières.

Eh bien, il faudrait d'abord tâcher de s'entendre sur ce qu'on appelle des causes premières. Ce sont par définition des causes qui ne sont médiatisées par aucune autre, des causes irréductibles. Elles constitueraient le premier anneau de la chaîne des causes ; il faudrait admettre que nous ne pouvons toucher que les anneaux qui viennent à leur suite, attendu que ce sont les causes secondes qui seules se manifestent à nous. Or, voilà encore un jugement qui prête à controverse. Newton a découvert que tout se passe dans le monde de la matière comme si les corps s'y attiraient à distance, avec une force proportionnelle au produit des masses en présence et en raison inverse du carré de la longueur r qui sépare leurs centres de gravité. Ce grand esprit s'est demandé aussitôt comment cette force s'exerçait d'une masse à l'autre à travers l'espace, et pourquoi elle s'exerçait ainsi, en raison inverse du carré, et non pas du cube ou d'une autre puissance de r ; mais il n'a point persévéré dans cette recherche et c'est dans ce sens qu'il faut entendre son fameux *hypo-*

theses non fingo. Les modernisants nous proposent pour modèle cette prudente réserve, ce qui n'empêche pas de nombreux et savants physiciens de chercher encore aujourd'hui à éclaircir cette énigme. Deux solutions du problème se sont présentées à eux. Les forces centrales peuvent être une propriété essentielle des éléments matériels, inséparable de leur substance, constituant une de leurs facultés actives ; le phénomène aurait pour cause son agent lui-même : c'est ce qu'ont admis les tenants de l'action à distance, le P. Boscovich, Cauchy, de Saint-Venant, et d'autres (1). L'école de Faraday a fait au contraire du milieu interposé le siège de la production et de la transmission des forces : pour elle, le phénomène est composé, il est la résultante d'autres, notamment de mouvements et de chocs, dont les lois sont inconnues ; avant Faraday, Lesage avait déjà émis d'ingénieuses idées sur le sujet ; elles ont été reprises, rajeunies et présentées sous une forme meilleure par le P. Leray, Lorentz, Langevin, etc. La gravitation serait dès lors attribuée à une cause seconde, tandis que pour Boscovich c'était l'effet immédiat d'une cause première. Les deux thèses ont été logiquement soutenues ; la seconde semble prévaloir, et pourtant il serait téméraire de prendre définitivement parti pour l'une contre l'autre, aussi longtemps qu'un argument plus péremptoire n'aura pas été produit.

Les phénomènes de l'affinité nous apportent une preuve non moins significative de l'incertitude qui règne sur l'ordre des causes. Les chimistes ignorent encore pourquoi deux grammes d'hydrogène se combinent avec seize d'oxygène, et non pas avec quinze ou dix-sept ; ils ne l'ignoreront pas toujours, s'ils

(1) Carbonnelle, *op. cit.*, p. 165 et suivantes : le savant Jésuite se rangeait délibérément aux côtés de son illustre confrère le P. Boscovich et de son ami de Saint-Venant : c'était en 1881.

arrivent à connaître la forme et le mode de groupement atomique des deux éléments. Le sauront-ils jamais ? Pourquoi pas ? L'électricité ne joue-t-elle pas un rôle dans cette combinaison ?

Retenons de tout cela que l'anneau initial des chaînes n'est pas fatalement et toujours hors de notre portée, ou tout au moins que ce n'est pas démontré.

Mais alors, que reste-t-il de l'argument de la région réservée, et des causes premières inaccessibles ?

Faut-il suivre ces causes ou non ?

Pourquoi ne les suivrait-on pas ? Dans le doute, quelques-uns s'abstiennent ; *in dubio abstine*, dit le proverbe ; le conseil est sage, en général : mais il ne convient pas à tous et il serait regrettable qu'il fût entendu des pionniers de la science. Le doute n'est pas effectif, il est stérile ; il conduit à l'abstention, qui est inopérante. Si les explorateurs du xve siècle n'avaient pris la mer qu'après avoir acquis des certitudes sur l'au-delà de l'Océan, nous ignorerions peut-être le Nouveau-Monde ; ce sont des aventuriers, partis à la recherche de trésors chimériques, qui ont trouvé des pépites d'or et découvert l'Eldorado. Les prospecteurs des champs de l'inconnu quittent le grand chemin et se lancent dans les sentiers moins frayés : si Fresnel en avait cru le génie de Laplace, il n'eût pas cherché à expliquer la double réfraction par les ondulations du fluide éthéré (1). Ceux qui réussissent le mieux ne sont pas de froids et égoïstes calculateurs, ménagers de leurs peines et de leurs efforts, ne procédant qu'à pas comptés et à coup sûr. Les savants doivent chercher à

(1) Dans son *Exposition du système du monde*, Laplace avait écrit que la « propriété singulière d'un rayon polarisé par un cristal parallèle au premier indique *évidemment* des actions différentes d'un même cristal sur les diverses faces d'une *molécule* de lumière ». Les mots soulignés le sont par nous.

remonter aux causes, au risque de n'y pas arriver : s'ils ne savent à l'avance quelles sont celles qu'ils pourront saisir, ils les poursuivront donc toutes ; dans cette chasse aux causes, il en est qui se laisseront prendre tôt ou tard ; la chasse sera plus ou moins fructueuse, mais ils commettraient une faute en ne s'y livrant pas. Cette faute, la thèse moderne la ferait commettre, si elle interdisait de remonter des effets aux causes, le plus avant qu'il se peut.

On ampute la physique d'un bras, disons mieux, on lui coupe les ailes et on la prive de tout essor, en l'asservissant trop servilement à la raison pure, en la liant étroitement au document expérimental, en n'offrant en pâture à son insatiable curiosité que des équations différentielles, en abaissant ses maîtres au rang de collectionneurs de formules commodes, en se privant d'images représentatives des choses, en condamnant toute intervention de l'imagination.

L'imagination ! Gœthe en faisait « l'avant-coureur de la raison » ; à ce titre, elle est un précieux auxiliaire de la science. Elle donne de l'envergure aux conceptions du créateur de théories, en lui faisant découvrir des rapports imprévus entre des résultats acquis par l'expérience, et en lui suggérant les généralisations qui conduisent les doctrines vers « l'unité et la simplicité » que H. Poincaré rêvait pour elles (1). Claude Bernard engageait, il est vrai, ses élèves à accrocher leur imagination au vestiaire, avant d'entrer au laboratoire, mais il ne leur défendait pas de la reprendre en sortant et de s'en servir pour raisonner sur les résultats d'expérience qu'ils venaient de recueillir ; l'esprit de l'escalier est le fruit d'une méditation poursuivie après qu'on a tiré la porte sur soi. Fontenelle avait dit depuis longtemps, en son style acadé-

(1) H. Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 202.

mique, que « lorsque la raison s'arrête effrayée au bord des abîmes de l'inconnu, l'imagination continue de marcher : et elle fait marcher ! » (1), ajoutait-il avec conviction. Oui, elle fait marcher : elle aiguillonne le chercheur, lui donne de l'entrain et soutient sa confiance. Il faut avoir de l'allant pour progresser dans les chemins escarpés de la science ; les ascensionnistes des Alpes prennent un guide et se font accompagner de porteurs ; on chante pour tromper la fatigue. Pourvu que la faculté imaginative reste subordonnée à la déductive, et que le bon sens domine les écarts de celle qu'on a sévèrement appelée la folle du logis et qui en est quelquefois la bonne fée, celle-ci doit prendre place à la table du conseil et, s'il n'est pas indiqué de lui accorder voix délibérative dans les graves décisions à prendre, elle doit toujours avoir voix consultative.

Au sentiment de Duhem, que « la théorie n'est pas destinée à nous faire découvrir de nouvelles lois » (2), opposons donc celui plus juste et plus pratique de Poincaré, que « mieux vaut prévoir sans certitude que de ne pas prévoir du tout » (3). En effet, pourvu que l'on procède avec méthode et circonspection, la probabilité que l'on a d'atteindre le vrai peut être mise en parallèle avec le risque encouru de faire fausse route ; d'autre part, on ne s'expose pas à laisser échapper les occasions, qui pour l'ordinaire ne se présentent pas deux fois dans la carrière d'un chercheur ; somme toute, on multipliera les chances de réussite en prenant le plus de billets que l'on peut à cette loterie qu'est la recherche expérimentale et spéculative des vérités naturelles.

(1) Cfr. *Fontenelle*, par E. Faguet (Revue des Deux-Mondes, avril, 1909).
(2) *Loc. cit.*, p. 175.
(3) H. Poincaré, *Relations entre la physique expérimentale et mathématique* ; Rapports présentés au Congrès de Physique de l'Exposition de 1900 ; t. I, p. 4.

Les châteaux en Espagne sont des châteaux comme les nôtres : Vicaire a rappelé avec à-propos que « une hypothèse est une proposition à vérifier, et qu'entre un fait et une hypothèse il n'y a qu'une différence de certitude et non pas de nature ». On conclura de cette juste remarque qu'entre la réalité, quelle qu'elle soit, et les hypothèses aussi ingénieuses que variées que les explicationnistes ne se lasseront pas d'inventer, il se produira, en certains points et à certains jours, des rencontres heureuses. Ces rencontres entre la réalité et la supposition rendue plus plausible par élimination et sélection deviendront de plus en plus fréquentes.

Que d'hypothèses déjà vérifiées et devenues des faits !

Copernic proposait sa théorie héliocentrique comme une hypothèse, en faveur de laquelle il ne revendiquait d'autre avantage (il l'a dit expressément) que de donner lieu à des calculs conformes aux observations : est-il aujourd'hui vérité mieux établie que la rotation de la Terre et des planètes autour du Soleil ? Le génie de Newton avait découvert que, si les masses matérielles s'attiraient suivant une loi déterminée, les lois de Kepler devenaient nécessaires ; ce n'était qu'une supposition, une hypothèse, mais toute la mécanique céleste est venue témoigner en sa faveur et les expériences de Cavendish l'ont confirmée directement. C'était aussi une supposition que celle de l'aplatissement du sphéroïde terrestre aux pôles ; Newton y croyait, Cassini la niait ; les mesures d'arc de méridien au Pérou et en Laponie ont fait constater une réduction d'un 306me sur la longueur du rayon polaire. Lowthian Green avait déduit de l'observation des déformations d'une sphère, comprimée par l'extérieur, sa théorie tétraédrique du globe, et il annonçait l'existence au pôle Sud d'un continent, et au pôle Nord d'une mer, profonde d'au moins 3500 mètres ; les explorateurs ont constaté l'existence de la terre ferme prévue

par le théoricien et la sonde de Peary est descendue à 3500 mètres dans l'eau liquide recouverte par la banquise arctique, avant de toucher le fond. La théorie suggère à Ampère l'hypothèse des courants particulaires des aimants, et lui fait prévoir l'aimantation du fer doux par un courant, ce dont Arago constate la réalité. Hamilton devine les deux espèces de réfraction conique que Lloyd recherche et découvre. Maxwell fait de l'onde lumineuse une suite de courants alternatifs fermés qui se produisent dans le diélectrique, dans l'air et dans le vide : l'induction électrique due à ces alternances se propage, dit-il, avec la vitesse de la lumière: Hertz le constate en 1888. Maxwell encore annonce que la lumière exerce une pression sur les surfaces qu'elle illumine: Lebedew et, plus récemment, MM. Huls et Nichols mesurent cette pression et sont conduits à des vérifications numériques entièrement d'accord avec les prévisions du calcul.

J'arrête là ce bilan des vérifications des hypothèses, en laissant au lecteur le plaisir de le compléter : mais j'en ai dit assez pour démontrer ce qu'il fallait, à savoir qu'un bon nombre d'entre elles sont identifiées avec des phénomènes que nous voyons de nos yeux, entendons de nos oreilles et touchons de nos doigts. Il en est de même de théories, essentiellement spéculatives de leur nature, qui sont irrévocablement mises à l'abri du doute, parce que leurs conclusions sont établies par des constatations expérimentales que l'on ne discute plus, et par des raisonnements à propos desquels on n'ergote plus. Tel est le concept des radiations calorifiques, lumineuses et actiniques, qui s'étalent côte à côte dans le spectre et révèlent, par l'identité de leurs propriétés, une identité d'espèce indéniable : il est établi pour tous aujourd'hui que ce sont des manières d'être rythmées, des modes périodiques des corps : je ne dis pas des modes de mouvement, car nul n'oserait l'affirmer :

mais nous savons de connaissance certaine que ce sont « des vecteurs transversaux, périodiquement variables dans l'espace, à chaque instant, le long d'un rayon, et dans le temps, en un même point au cours du temps... Le contenu de cette formule est définitivement acquis»(1), aussi définitivement que le contenu du beau chapitre de la physique consacré à l'acoustique, dont toutes les hypothèses sont aujourd'hui des faits.

Et au-dessus de ces théories planent des doctrines plus larges et plus hautes, non moins sûres ; tel est ce principe grandiose de l'unité des forces physiques, qui groupe les phénomènes les plus divers dans un ensemble majestueux et en définit avec une précision mathématique la dépendance réciproque, en déterminant l'équivalent mécanique de chacun d'eux ; tels encore les principes de la moindre action, de la conservation de l'énergie en quantité et de sa dégradation en qualité, conjointement avec un accroissement continuel de l'entropie, considérée comme une scorie de l'énergie, etc.

Qu'on ne nous accuse pas de faire retentir ici une fanfare triomphale et d'entonner un hymne aux gloires de la science. Nullement : nous venons simplement de constater que nous connaissons déjà un certain nombre de choses, et il ne nous en coûte pas d'avouer que nous en ignorons une infinité d'autres. Nous ne perdons pas de vue la règle de conduite que Claude Bernard nous a tracée, qui est de toujours « garder la claire notion de ce que nous savons et de ce que nous ne savons pas » (2). Ah ! il est en effet bien étroit encore et bien exigu le champ défriché à ce jour. « Ce que nous savons est peu de chose », s'écriait Laplace en mourant

(1) J. Thirion, *L'Éther et les théories optiques*. REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1909.

(2) COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ; t. LXXXI, 2e semestre, 1875 ; p. 1235.

et ce fut son dernier mot. Au delà de la voûte étoilée, objet de ses géniales études, qu'y a-t-il ? « De nouveaux cieux étoilés, répondait Pasteur pour lui : soit ; mais au delà ? L'esprit humain, poussé par une force invincible, cessera-t-il jamais de se demander, qu'y a-t-il au delà ? (1) »

Il se le demandera toujours, nous le confessons humblement, car notre soif de savoir ne sera jamais entièrement assouvie : notre esprit ne peut contenir l'immensité ! Le vase est trop petit !

Mais il peut en retenir quelque chose, et ce quelque chose, pour minime qu'il soit, n'est pas une quantité aussi négligeable que d'aucuns l'ont prétendu, dans une crise de découragement. En nous rappelant que « nous ne connaissons le tout de rien », Pascal s'est gardé de nous dire que nous ne connaissons rien du tout, car ce n'était pas sa pensée. Il n'est pas un savant qui n'ait le sentiment d'un certain acquis et d'une emprise déterminée sur le mystère, et qui ne l'ait proclamé une fois ou l'autre. Est-il rien qui nous déroute plus que l'éther ? Il nous est uniquement connu par les phénomènes dont nous le faisons le facteur nécessaire. C'est lui pourtant que Lamé appelait « le vrai roi de la nature » : il ne doutait pas, disait-il, de son existence incontestablement démontrée (2). Lord Kelvin affirmait non moins résolument que c'est « une réalité que l'on ne peut plus mettre en doute », et J. Bertrand, dont nous avons donné au début de cette étude quelques formules sceptiques, écrivait ce qui suit dans un mémoire lu dans une séance solennelle de l'Académie des Sciences : « Aucune main n'a touché l'éther, aucun œil ne l'a vu, aucune balance ne l'a pesé : il est pourtant aussi réel que l'air et son existence est

(1) Pasteur, Discours de réception à l'Académie française ; 1882.

(2) Lamé. *Leçons sur la théorie mathématique de l'Électricité.* Paris, p. 5[illegible].

aussi certaine » (1). Henri Poincaré disait d'autre part en 1912 : « Les anciennes hypothèses mécanistes et atomistes ont pris assez de consistance pour cesser presque de nous apparaître comme des hypothèses ; les atomes ne sont plus une fiction commode ; il nous semble, pour ainsi dire, que nous les voyons, depuis que nous savons les compter » (2).

Ces propos nous montrent que le jour où ils les tenaient, ces maîtres étaient moins sceptiques qu'ils ne nous sont apparus en d'autres moments, en d'autres circonstances et dans d'autres écrits. Nous ne mettons aucune malice à cette constatation, qui n'est point inspirée par le sentiment puéril et peu avouable de mettre de grands et solides esprits en contradiction avec eux-mêmes. Notre observation, qui s'étend à de nombreux savants, que l'on range, à tort peut-être, parmi les pragmatistes convaincus, répond à des considérations d'un ordre beaucoup plus élevé. Elles vont nous fournir le thème d'une étude psychologique intéressante par elle-même, qui nous permettra de jeter plus de lumière sur les questions que nous avons entrepris d'élucider. C'est le dernier aperçu que nous développerons et ce ne sera pas le moins curieux.

Il y a des gens qui doutent par dilettantisme ; ils cherchent le doute, parce qu'ils en ont le goût et y prennent plaisir. D'autres doutent par pose et par respect humain, car ils ne veulent pas être taxés de crédulité. Beaucoup doutent par amour de la controverse, qui leur paraît être le chemin de la vérité. Chez quelques-uns enfin, épris de certitude mathématique, le doute est

(1) *Éloge de Gabriel Lamé.* MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES ; t. LXI. Les dernières théories relativistes d'Einstein et de Hauck n'invoquent plus l'éther ; mais, de ce qu'elles s'en passent, on ne peut conclure qu'elles démontrent qu'il n'existe pas.

(2) H. Poincaré, *Les rapports de la matière et de l'éther* ; conférences de la Société de physique de 1912 ; recueil déjà cité ci dessus, p. 357.

l'effet raisonné d'une conviction solidement assise, qui a scruté toutes les affirmations, vidé toutes les discussions et prétend n'avoir point entendu l'argument décisif qui impose l'adhésion sans réserve. C'est dans cette catégorie, la plus respectable et la mieux légitimée des sceptiques, que nous rangerons les savants, positifs et réfléchis, qui guerroient systématiquement contre la thèse explicationniste et dénoncent chez leurs adversaires les « faux enthousiasmes nés de fausses évidences ». Chez eux, le doute méthodique est devenu une discipline, et il s'est élevé à la hauteur d'une religion qui exerce sur leurs esprits une tyrannie impérieuse. Eh bien, on s'attendrait à ce que toutes leurs pensées, tous leurs écrits, tous leurs actes convergent vers cette négation de tout ce qui n'est pas l'évidence des faits et le témoignage de l'expérience. Or, cette unité de vues, cette homogénéité des jugements, cette harmonie dans l'effort ne se manifestent pas toujours dans l'exposé de leurs doctrines, ni dans le gouvernement de leur activité. Le doute raisonné des pragmatistes les plus qualifiés connait des intermittences ! Leurs coreligionnaires s'en offusquent parfois, mais en général ne leur en tiennent pas rigueur. Pour atténuer le mauvais effet de ces contradictions, ils ne veulent pas y voir des défaillances de principes et encore moins des apostasies. Ce ne sont que des concessions momentanées et courtoises, faites à des confrères dont on ne partage plus la foi, mais dont on respecte les croyances et qu'on ne voudrait pas contrister.

L'interprétation est habile, mais elle recourt à une échappatoire pour esquiver une difficulté. Il s'agit de bien autre chose que d'un assaut de politesse : la question est d'un ordre plus élevé. Ces divergences dans l'expression des pensées des savants sont bien souvent un retour vers une tradition, dont on subit à nouveau

le charme, dont on regrette les séductions et qu'on se reproche d'avoir abandonnée ; elles sont quelquefois le résultat d'une lutte intime engagée dans leur conscience ; leur âme, affamée de vérité, obéit à son attrait vainqueur et fléchit devant elle. Je me rencontre ici avec les conclusions d'une remarquable étude de M. Rey, que j'ai déjà signalée.

Avant de les développer, établissons nettement le fait.

Voici d'abord quelques exemples topiques, à joindre à ceux qui ont été relevés ci dessus.

Un ingénieur anglais, thermodynamiste renommé, Rankine, qui ne prêtait aux théories qu'une « valeur de commodité, ne surajoutant aucune connaissance à ce que l'expérience nous apprend », manifestera un jour une confiance inébranlable en ces mêmes théories, et il attribuera à leurs résultats « une valeur objective qui défie la critique ». Mach, le savant professeur de l'Université de Vienne, faisait de l'économie de pensée l'objectif le plus direct de la théorie, et il lui assignait comme but exclusif de « remplacer l'expérience par les opérations intellectuelles les plus courtes possible » ; son œuvre, disait-il, n'est pas d'accroître la dose de vérité fournie par l'expérience, mais « de rendre le savoir empirique plus assimilable » ; or, le même savant déclarait par ailleurs que nous pouvons acquérir une « conception unitaire du Monde, qui seule est compatible avec l'ordonnance d'un esprit sainement constitué ». Henri Poincaré, en écrivant que « l'existence réelle des corps est l'hypothèse la plus probable qu'on puisse faire à leur endroit », ou encore que « les hypothèses sur lesquelles repose la théorie ne sont ni vraies, ni fausses ; ce ne sont que des conventions commodes », avait donné des gages au pragmatisme ; par contre, il avait enseigné que « la théorie physique nous donne autre chose que la simple connaissance des faits », qu'elle nous fait découvrir les rapports réels des choses

les unes avec les autres, les véritables rapports des choses, ceux d'où résulte l'harmonie universelle. C'était lui qui avait fait cette remarque pleine d'idées qu'une « collection de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison ». Il avait résumé en ces termes la doctrine de M. Le Roy : « La science n'est faite que de conventions... ; les faits scientifiques et *a fortiori* les lois sont l'œuvre artificielle du savant ; ... la science ne peut donc rien nous apprendre de la vérité, elle ne peut nous servir que de règle d'action » : or, que pensait-il de cette doctrine ? Il l'avait combattue vivement, en déclarant qu'elle était « non seulement nominaliste, mais anti-intellectualiste » et qu'il était impossible de la suivre jusqu'au bout (1).

P. Duhem lui-même, qui écrivait en 1893 (2) qu'il est « absurde de chercher parmi les vérités métaphysiques, soit la confirmation, soit la condamnation d'une théorie physique », publiait en 1900 les lignes qui suivent : « La théorie physique nous confère une certaine connaissance du monde extérieur, qui dérive d'une vérité autre que les vérités dont nos instruments sont aptes à s'emparer ; l'ordre dans lequel la théorie range les résultats de l'observation... est ou tend à être une classification naturelle ». Et il concluait : « Il serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique, si cette théorie n'était le reflet de plus en plus net et de plus en plus précis d'une métaphysique ; la croyance en un ordre transcendant est la seule raison d'être de la théorie physique » (3).

(1) Poincaré, *La science et l'hypothèse*, p. 175 ; *La valeur de la science*, p. 213.

(2) Duhem, *Physique et métaphysique*, LOC. CIT., p. 65.

(3) Ces premiers mots sont extraits d'un article déjà cité, *Physique et métaphysique*, paru dans la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES en juillet 1893, p. 65 ; ceux qui suivent peuvent se lire dans la REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, n° du 15 janvier 1908, p. 18, et dans le beau et profond ouvrage intitulé *La théorie physique*, p. 449.

Ces lignes sont sorties de la même plume qui soutenait contre Eugène Vicaire l'ardente polémique que nous avons racontée plus haut, mais en vérité elles ne sont pas écrites de la même encre. Quinze années de réflexions et d'études avaient porté leurs fruits. Si un successeur de Fontenelle publiait de nouveaux *Dialogues des Morts*, il ne manquerait pas de faire converser sur l'inconstance des opinions humaines les deux adversaires réconciliés.

Est-ce à dire que Duhem avait trouvé son chemin de Damas ? Bien qu'il n'y ait pas à rougir d'aller à Damas pour y trouver la vérité, nous ne le dirons pas ; nous ne dirons pas davantage que les variations d'opinion que nous relevons dans telles ou telles pages de nos maîtres sont des indices de versatilité, d'incohérence, de manque de suite dans les idées et une preuve d'absence de forte conviction. Dieu nous en garde ! Nous respectons et admirons trop ces maîtres pour nous le permettre.

Mais alors ? Comment interpréter la chose et s'en rendre compte, car il est impossible de feindre qu'on n'a rien vu, ni rien entendu ?

Nous chercherons à résoudre le problème en nous inspirant des considérations profondes que MM. Le Roy (1) et Rey ont indiquées avec une rare clairvoyance et que Duhem a contresignées très franchement.

Bertrand, Rankine, Mach, Poincaré, Duhem et les autres que nous avons cités ou que nous aurions pu citer, n'ont pas renié une première opinion pour en embrasser une autre ; ils ont subi une ambiance ou un

(1) Les idées de M. Le Roy ont été exposées dans un article de la REVUE DE MÉTAPHYSIQUE, année 1901, *Sur quelques objections adressées à la nouvelle philosophie ;* elles ont été rappelées, résumées et commentées dans les ouvrages de Poincaré et de Duhem, auxquels nous nous sommes référés ci-dessus.

état d'âme, ou plutôt ils ont passé parole à un second personnage qui se trouve en chacun de nous.

Et d'abord, les savants traversent, comme le commun des mortels, des jours ensoleillés et des jours sombres, au cours desquels ils sont plus ou moins portés à la confiance en leurs moyens d'action et dans les résultats de leur travail. Parfois tout leur sourit ; le lendemain au contraire les accable d'échecs et de déceptions ; las d'espérances, ils perdent alors la foi, s'attachent moins à leurs œuvres et ne leur prêtent plus le caractère définitif qu'elles semblaient posséder la veille. Ces sentiments sont très humains ; la science y paie son tribut, mais c'est le petit côté de la question, qu'il me suffisait d'indiquer.

Voici des aperçus plus pénétrants de M. Le Roy. Il y a dualité dans le physicien, ainsi que dans la physique. A côté de l'expérimentateur attaché à la glèbe, à côté de son secrétaire, qui note, qui classe, qui coordonne les faits, comme on range les livres sur les rayons d'une bibliothèque, vit et agit (nous croyons l'avoir démontré) le penseur, le philosophe, l'artiste, voire même l'esthète, à en croire Poincaré (1) : l'un travaille avec l'observation et la logique, l'autre avec l'intuition et l'imagination ; le premier cherche le vrai dans l'analyse des phénomènes, le second le poursuit dans la synthèse. Le réaliste voisine avec l'idéaliste. La science a, elle aussi, deux pôles ; comme ceux d'un aimant, ils exercent des attractions différentes : d'une part, la

(1) Dans un article de la Revue des Deux Mondes, du 15 septembre 1912, M. Nordmann a cité les lignes suivantes très caractéristiques de Henri Poincaré : « N'avons-nous pas en nous quelque chose de plus grand que nous, une sorte de reflet divin qui, supérieur à notre volonté et à notre raison, nous rendrait capables d'exploits plus hauts que nous-mêmes ?... Là où nous avons cru que règne la seule volonté et la seule raison, nous voyons surgir quelque chose d'analogue à l'inspiration que la légende attribue aux poètes et aux musiciens ». Le jour où le grand mathématicien écrivait ces lignes, le soleil était radieux et l'artiste tenait la plume.

connaissance est ordonnée, précise, rigoureusement délimitée ; elle présente d'autre part des contours imprécis, vaporeux, et des horizons profonds où le regard se plonge souvent et se perd quelquefois

Or le savant s'oriente vers un pôle ou l'autre. Le réaliste obéit à l'influence de l'ordre, de la méthode et de la rigueur : il fait de la science une technique et non pas un art ; lié au terre-à-terre du phénomène, avide d'un savoir toujours plus riche de données positives, il n'a d'autre objectif que d'emmagasiner des faits nombreux et indiscutables. Tout l'intérêt d'une proposition réside alors pour lui dans sa commodité mnémotechnique et pratique ; désespérant de comprendre, il se borne à connaître. Ce jour-là, il est pragmatiste. Mais ce criticisme ne satisfait pas notre savant tout entier. Le second homme qui est en lui prendra sa revanche un autre jour. L'idéaliste se ravise : l'érudition n'est que le squelette de la science : il faut porter ses regards plus haut. L'intuition le conquiert et le domine, l'imagination l'entraîne, il admire la beauté des théories, et voilà qu'il s'abandonne à la mentalité explicationniste, dont la méthode plus avenante a plus de sourires pour lui et lui promet plus de jouissances et plus de succès. Il se laisse emporter dans une envolée superbe : c'est l'accès d'enthousiasme.

Cessons donc de voir, dans les deux écoles dont nous avons exposé les systèmes, deux camps ennemis, dressant leurs tentes les unes en face des autres. En réalité, ce sont deux tendances qui transparaissent souvent dans le même sujet et déterminent le sens de son action, suivant que ses facultés se tournent vers un pôle ou vers l'autre. La sagesse conseillerait de se tourner vers l'un ou vers l'autre, opportunément, et indépendamment de toute idée préconçue. Un savant animé d'un juste sentiment de la mesure et d'un véritable amour de l'équilibre et de l'harmonie, celui qui se plaît aux « coteaux

modérés » se gardera, comme Duhem le lui a suggéré, (le Duhem de la seconde manière), « des folles ambitions du dogmatisme comme des désespoirs du pyrrhonisme », pour se maintenir ainsi « en cet état de parfait équilibre, d'où il peut sainement apprécier l'objet et la structure de la théorie physique » (1).

Laplace avait déjà adressé le même avertissement à ses contemporains un siècle plus tôt, quand il écrivait ces lignes : « Le philosophe vraiment utile au progrès des sciences est celui qui, réunissant à une imagination profonde une grande sévérité dans le raisonnement et dans ses expériences, est à la fois tourmenté par le désir de s'élever aux causes des phénomènes et par la crainte de se tromper sur celles qu'il leur assignerait » (2).

Pour ce philosophe-savant, l'expérience reste le critérium de la vérité, mais elle n'en est point la source unique.

Pour lui, la crainte de se tromper sur les causes qu'il est tenté d'assigner aux phénomènes est le prudent correctif du désir de s'élever à ces causes : mais ce scrupule ne le fera pas renoncer à ses plus nobles ambitions.

Pour lui, hypothèses et théories sont avant tout des instruments de travail, des outils de recherche ; il y voit un *objectum quo* plutôt qu'un *objectum quod* ; il n'oublie pas que, d'après la formule classique, l'objet est dans le connaissant, selon le mode d'être du sujet connaissant, et que son esprit déforme plus ou moins ce qu'il saisit ; que notre manière de nous figurer les choses n'est pas une superposition exacte du jugement

(1) Duhem s'inspirait de Pascal : « nous avons une impuissance de prouver invincible à tout le dogmatisme ; nous avons une idée de la vérité, invincible à tout le pyrrhonisme ».

(2) Ces paroles de l'illustre astronome ont été rappelées par Biot dans ses *Mélanges scientifiques et littéraires*, t. II, p. 209 ; elles se lisent dans l'*Exposition du Système du Monde*, et ont été citées dans les *Lectures scientifiques* de M. Gay, à la p. 767.

à l'objet, une *adæquatio rei et intellectus*, une égalité. Il voit et sait tout cela. Mais la connaissance plus ou moins exacte que nous acquérons des choses de la nature est une connaissance quand même. La représentation que l'on s'en fait n'est pas une photographie, c'est un portrait ; pourquoi ce portrait ne réaliserait-il pas une certaine conformité avec l'objet représenté, et serait-il nécessairement dénué de toute ressemblance ? Pourquoi n'y aurait-il pas là un reflet de vérité ? Est-ce que nous ne lisons pas dans le spectre de la lumière renvoyée par une planète la constitution du Soleil dont le rayon est parti ?

Les choses, a-t-on dit sentencieusement, peuvent se représenter de bien des façons, mais elles ne se passent que d'une seule manière. C'est vrai ; mais ce n'est pas à dire que cette unique manière ne pourra jamais coïncider avec notre concept. Le nombre de manières n'est pas infini, et la science ne fait que débuter ; le temps travaille avec elle et pour elle. On découvrira beaucoup de choses, au cours des siècles, dont nous n'avons en ce moment pas la moindre idée.

L'hypothèse n'est donc point réduite au rôle d'objet purement symbolique et fantaisiste, ne possédant aucune conformité de nature avec la réalité ! C'est non seulement un moyen de connaître, mais encore de comprendre, dont il ne faut pas mésuser, mais dont il serait coupable de ne pas user.

« La certitude de ne jamais atteindre l'absolu ne doit pas nous décourager de serrer de près la réalité », a dit très justement A. de Lapparent (1).

(1) *Loc. cit.* : p. 240. Notre éminent collègue des Facultés catholiques de Paris se riait agréablement, au même endroit, des physiciens qui « jongleraient trop audacieusement avec les idées représentatives » ; mais le conditionnel employé et le contexte montraient bien qu'il ne traitait pas de jonglerie l'usage rationnel de ces représentations, auquel son brillant esprit recourait à l'occasion, et dont il savait tirer le meilleur parti.

« Si dans le passé on a eu trop de confiance dans la puissance du génie humain, se croyant très près de découvrir la raison suprême des choses, on tombe à présent dans l'excès contraire » : c'est l'avis de M. Righi. Il l'énonce au début d'une étude très documentée des plus récentes théories des phénomènes électriques (1). L'excès consisterait à ne voir dans ces merveilleuses théories que des chimères.

M. J. J. Thomson y voit bien autre chose : « En fait, déclare-t-il, le fluide électrique nous est actuellement mieux connu que d'autres fluides, tels que l'air et l'eau » (2). Relevons ce propos, car nous savons pas mal de choses sur l'air et sur l'eau. Les hypothèses et les théories de l'électricité correspondent par conséquent en quelques points à la réalité, et il est permis de croire que ces correspondances deviendront de plus en plus nombreuses et de plus en plus étroites : nous ne prétendions pas démontrer autre chose avant de nous engager dans ces études.

Nous devions le faire : c'est fait !

Parmi ces théories, il en est une qui, après avoir acquis droit de cité dans la science, en avait ensuite été bannie, parce qu'elle avait cessé de s'harmoniser avec des faits, ultérieurement découverts ; d'autres lui ont succédé, qui ont subi le même sort, pour la même raison. Mais les théories meurent rarement tout entières. Le mouvement de la science se poursuit avec logique et avec suite : on l'a comparé au progrès de la vie dont chaque état subsiste dans l'état suivant, et on peut lui appliquer le jugement de Paul Bourget, que

(1) Righi *La Théorie Moderne des phénomènes physiques* (Traduction Neculcea ; Paris, 1906), p. 6.

(2) J. J. Thomson, *Electricity and Matter*, p. 89 ; citation en exergue de M. Drumaux, dans la *Théorie corpusculaire de l'Électricité* (Paris, Gauthier-Villars, 1911).

l'on ne s'attendait peut-être pas à entendre citer dans un travail scientifique : « Vivre, c'est évoluer, mais c'est aussi durer ».

Pour devenir acceptable, il suffit souvent à une doctrine de quelques modifications ou corrections, qui lui permettent de reprendre plus étroitement contact avec la réalité.

C'est ce qui est arrivé.

Et l'on se prend à augurer que la science pénétrera de plus en plus profondément dans la connaissance de l'électricité, cette chose si pleine d'énigmes, si grande et si puissante, que l'on soupçonne d'être, avec l'éther, le principal d'entre les matériaux de l'Univers.

AIMÉ WITZ
Correspondant de l'Institut,
Doyen honoraire de la
Faculté catholique des Sciences de Lille.

LA NOTION PSYCHOLOGIQUE

DE

SUBCONSCIENCE (*)

Vous souvient-il de ce valet de comédie — le valet d'Harpagon, je crois — qui endosse tour à tour, avec une gravité burlesque, la livrée de tous les offices d'une grande maison : tantôt laquais, tantôt intendant, tantôt cocher, tantôt maître-queux ?...

Eh bien ! la subconscience joue un peu, aujourd'hui, ce rôle de « valet à tout faire ». On la sonne de dix côtés à la fois... Le psychologue, dans ses promenades à travers les phénomènes conscients, rencontre-t-il une lacune, un fossé trop large ? qu'à cela ne tienne : le « subconscient » jettera la passerelle... Le critique d'art prétend-il, devant un chef-d'œuvre, pénétrer le secret de l'inspiration géniale ? « élaboration subconsciente », « irruption magnifique de la subconscience dans la conscience claire »... L'historien des religions, naïvement incrédule trop souvent, se pique-t-il d'enlever tout mystère aux origines du sentiment religieux, aux mobiles des conversions, ou bien, à ces phénomènes si délicats à définir que sont les « états mystiques » ? c'est encore le « subconscient » qui

(*) Cet article reproduit une conférence prononcée devant un auditoire de jeunes gens à peine initiés aux recherches psychologiques. Aux amis qui nous ont demandé la publication d'une causerie aussi dénuée de toute prétention savante, nous laissons, devant le lecteur bénévole, l'entière responsabilité de leur initiative. Ils ont pensé que les pages qu'on va lire pourraient servir d'introduction facile à quelques études plus techniques, que nous écrirons peut-être pour cette Revue.

tiendra le flambeau... Voici un médecin, dans une clinique de maladies mentales : parcourez avec lui la salle des épileptiques, des hystériques, des délirants, ou que sais-je ? partout, sous les affublements les plus capricieux, il vous fera reconnaître l'imprécise et complaisante figure du « subconscient »... Et si, quittant le terrain respectable de la science psychologique ou médicale, de la critique religieuse, de l'art, vous vous aventurez dans le domaine suspect de l'occultisme et du spiritisme, là encore, les théoriciens les plus écoutés évoqueront devant vous, drapée d'ombre, comme une sibylle antique au fond de l'antre sacré, la « subconscience ».

I

Évidemment, le mot « subconscience » n'est qu'une étiquette, dont la valeur réside tout entière dans la conception théorique qu'il désigne. Mais cette étiquette, par elle-même, fait image. Les savants qui la créèrent n'étaient point totalement dépourvus d'imagination : on peut même dire que les savants, en général, cultivent la métaphore, sinon avec autant de goût, du moins aussi irrémédiablement que les poètes. La terminologie scientifique, pour une bonne part, est figurée. Voyons donc quel genre d'images leur suggère le terme de « subconscience ».

La subconscience s'oppose à la conscience — c'est-à-dire à tout l'ensemble des éléments psychologiques dont nous nous disons « clairement conscients » — comme quelque chose d'inférieur, de sous-jacent. La conscience ressemble aux étages d'une haute maison, bien visibles et baignés de lumière : tous les objets y sont distinctement perçus. La subconscience, au contraire, éveille l'idée de sous-sols profonds, obscurs, sans soupiraux : peut-être sont-ils bondés de provisions

et d'objets précieux, qui seront successivement remontés au jour ; en attendant, ces objets gisent dans d'épaisses ténèbres.

Voulez-vous une comparaison plus exacte ? Peut-être avez-vous eu l'occasion de visiter la machinerie d'un grand théâtre. Sous la scène, et derrière les portants des coulisses, c'est un enchevêtrement de tiges, de câbles, de poulies, de treuils et d'engrenages ; puis, par ci par là, dans ce fouillis, des dispositifs d'optique : miroirs, glaces transparentes, projecteurs, jettent un reflet furtif ; puis encore, dans toutes les directions, courent des rampes de lampes électriques de teintes diverses, que le mécanicien allumera ou éteindra à volonté : en un mot, un mécanisme extrêmement compliqué, une vaste « machine », dont le public, assis dans la salle, n'aperçoit rien. Que voit-il, le public ? Rien que la scène, tout illuminée, avec sa parure chatoyante, ses changements à vue, ses décors fondants : une féerie, où tout s'harmonise et semble vivre en pleine clarté... Pourtant, ce qui se voit — la splendeur vivante de la scène — est à chaque instant le résultat d'un labeur précis et compliqué, qui ne se voit pas : le travail obscur de la machinerie. La scène symbolise la conscience, la machinerie la subconscience : les psychologues nous parleront de « l'entrée d'une représentation sur la scène de la conscience », etc...

Ils se permettront d'ailleurs, pour exprimer le rapport de la conscience à la subconscience, bien d'autres comparaisons encore. Une de leurs métaphores favorites évoquera l'image d'un foyer lumineux, avec sa frange et sa pénombre : conscience pleine au foyer, conscience marginale à la frange, subconscience dans la pénombre. Ou bien, une métaphore empruntée aux installations de cinématographe : la conscience sera figurée par l'écran lumineux, la subconscience par la cabine de l'opérateur, où se dissimule le mécanisme du passage des films devant l'objectif.

Décidément l'imagination de nos contemporains psychologues est une imagination d'architecte ou d'ingénieur, une imagination mécaniste. Il n'en fut pas toujours ainsi. Par exemple, les philosophes de l'antiquité expliquaient plus volontiers toute une catégorie d'effets de la subconscience : les bonnes inspirations, les traits de génie, ou les illuminations mystiques, soit par le susurrement d'un δαίμων familier, nous parlant à l'oreille, soit surtout, comme dans l'Esthétique néo-platonicienne, par une élévation de l'âme, se dégageant des attaches sensibles pour pénétrer dans la zone supérieure des idées pures. Aujourd'hui, nous préférons, d'ordinaire, nous représenter je ne sais quels sous-sols industrialisés de notre Moi, et nous parlons de « subconscience » : dans un autre système d'imagerie, nous parlerions souvent avec autant de raison de « superconscience » ou de « surconscience ».

II

Adoptons — rien ne s'y oppose — l'imagerie préférée de nos contemporains, et parlons avec eux de « subconscience ». Il nous reste à définir, en termes plus précis, la réalité que désigne ce vocable métaphorique.

Voyez mon embarras : tant d'auteurs ont parlé de la subconscience, et avec des préoccupations si diverses, qu'il est vraiment difficile de savoir ce que chacun entendit par ce mot. Parmi ceux qui prirent la peine de mieux définir leur terminologie, nous distinguerons trois catégories principales : des penseurs profonds... et un peu romanesques ; puis des psychologues subtils... mais un peu fantaisistes ; enfin, des psychologues tout court, soucieux avant tout — et c'est bien leur droit, puisqu'il s'agit ici de théorie empirique — de ne point folâtrer en marge des faits.

Les premiers — les penseurs — spirites et théosophes, de tendance ordinairement panthéiste, ont cru reconnaître, dans la subconscience, la continuité de notre vie personnelle, éphémère agitation de surface, avec le courant profond d'une vie universelle, d'une vie cosmique. Dans cette vie cosmique, tous les êtres individuels se rejoignent et se confondent. Elle est comparable à une immense masse incandescente, sur laquelle la matière de ce monde serait tendue comme une mince pellicule. Sous le remous puissant du fluide en ignition, la pellicule se boursouflerait par places, crèverait comme un cratère de volcan et laisserait échapper ce panache de flammes et de cendres, que nous appelons notre personnalité consciente. La subconscience ne serait autre chose que la montée de la lave cosmique aux flancs des cratères individuels.

Le moindre inconvénient de cette conception, qui se heurte à de graves objections philosophiques, c'est d'être du romanesque de haut vol et nullement une théorie scientifique.

D'autres auteurs, que nous avons appelés des « psychologues ingénieux », se montrent plus sobres que les précédents : car ils bornent du moins notre subconscience, à chacun, aux limites de notre individualité. Ce qui ne les empêche pas de sacrifier, eux aussi, à la fantaisie, en nous gratifiant d'une sorte de personnalité métaphysique à double fond : un Moi supérieur, qui perçoit, raisonne, désire et redoute, délibère et veut, en se rendant compte de ces opérations ; puis, par dessous, un Moi profond, un « Sous-moi », un « Moi subliminal » pour employer l'expression, devenue classique, de l'américain Myers (mi-psychologue et mi-spirite), où pareillement s'organisent des représentations, des raisonnements, des sentiments, des tendances, des vouloirs, mais tout ceci à l'insu du Moi supérieur. Entre ces deux Moi superposés, se font des

échanges, dont il appartient à la psychologie de dégager les lois.

Sur la valeur propre de notre Sous-moi, de notre personnalité obscure, les avis se partagent : les uns l'estiment infiniment supérieur à notre Moi conscient : à leurs yeux, notre « double-fond » recèle des trésors psychologiques fabuleux... une vraie caverne d'Ali-Baba. D'autres ne sont pas loin de déplorer la lourde nécessité d'une subconscience : un psychologue américain, avec une franchise très crâne, déclare notre Moi subconscient « ineffablement bête », « stupid ».

Toutes les opinions et interprétations que je viens de rappeler sont, certes, aventureuses à des degrés divers, et, pour le moins, subjectives. Si le mot « subconscience » ne couvrait que cette marchandise-là, on comprendrait les exorcismes dont il fut l'objet dans des milieux philosophiques incontestablement pondérés.

Mais la subconscience, vraiment, est quelque chose d'infiniment plus modeste, qui ne mérite « ni cet excès d'honneur ni cette indignité ». Sur les lèvres ou sous la plume des hommes de métier : philosophes, psychologues ou médecins, elle désigne avant tout un ensemble d'états psychologiques dont l'existence et les propriétés se révèlent, au moins indirectement, à l'expérience.

Je ne vous parlerai de la subconscience que dans cette dernière acception, la seule qui corresponde à une réalité définissable.

Remarquez la méthode d'investigation à laquelle nous sommes astreints si nous voulons demeurer sur le terrain de l'expérience. Nous devrons découvrir dans la conscience elle-même, telle qu'elle s'offre à l'observation interne, des indices certains de l'existence et du jeu d'une subconscience : car la subconscience,

par définition, n'est pas directement perceptible. Nous nous trouvons donc dans la situation d'un spectateur de représentation cinématographique : il ne voit, devant soi, rien autre chose que l'écran, où se peignent les tableaux les plus variés ; c'est en épiant les menues particularités des images fugitives, qui se succèdent sous ses yeux, qu'il pourra soupçonner, et même, s'il est ingénieux, reconstituer dans son esprit, tout le mécanisme dissimulé derrière l'écran, dans la cabine de l'opérateur. Analyse et reconstitution difficiles, et d'autant plus malaisées que le mécanisme jouera plus parfaitement, plus impeccablement. Mais s'il y a des à-coups, par exemple des solutions de continuité dans le film, des irrégularités de vitesse, des arrêts subits, par suite d'embrayements défectueux, des éclipses de la lanterne, que sais-je ?... tous ces accidents, dont la cabine de l'opérateur est le théâtre discret, vont se trahir sur l'écran lumineux par des zigzags fulgurants, zébrant étrangement le ciel le plus serein, par des sautillements des plus graves personnages, par des scintillements ou des ombres tout à fait intempestifs, par des immobilités subites qui défient toutes les lois de l'équilibre... L'observateur attentif pourra déchiffrer, dans ces imperfections de l'image projetée, le jeu du mécanisme invisible dont elle dépend.

Il en va de même pour l'analyse psychologique du subconscient. La subconscience, qui n'est point directement observable, se trahira dans certaines particularités, et surtout peut-être dans certaines défectuosités, des phénomènes conscients. Observons donc, si vous le voulez bien, avec la préoccupation d'y surprendre un mécanisme latent, toute une gamme de faits psychologiques et pathologiques facilement constatables. Bien sûr, nous n'entrerons pas très à fond dans l'analyse de ces faits ni de ce mécanisme : plusieurs causeries n'y suffiraient pas. Mon ambition se borne à vous rap-

peler l'*existence* et le *signalement sommaire* de cette subconscience modeste dont s'occupent les psychologues.

III

Et d'abord, permettez-moi de rencontrer un préjugé — que personne n'avouera explicitement, car il ne résiste pas à l'examen, mais qui n'en reste pas moins, chez plusieurs, la cause latente de je ne sais quelle défiance envers toute théorie du subconscient. On est porté, n'est-ce pas ? à se définir les faits psychologiques par leurs seules portions conscientes et « aperçues », on imagine malaisément, dans la conscience, des éléments qui soient à la fois actifs et « inaperçus » (ou inconscients). Sans entrer dans l'étude très délicate de la faculté aperceptive, je puis vous montrer immédiatement, par quelques exemples fort simples, à quel point ce préjugé est erroné.

Voici, je suppose, un petit rectangle de carton, sur lequel j'écris, au centre, en caractères bien visibles, le mot « arbre ». Si j'expose ce carton devant un groupe de personnes, celles-ci liront le mot « arbre », et toutes, ou presque toutes, lui attribueront la signification coutumière de « végétal ». Devant un autre groupe de spectateurs, en nombre égal aux premiers, je fais passer un carton tout semblable, dans le coin duquel j'ai ajouté, en plus petits caractères, le mot « usine ». La distance et le temps d'exposition sont calculés de manière que le mot « arbre » soit perçu très distinctement sans que le mot « usine » puisse être déchiffré. Cette fois, tout le monde, sans doute, aura *lu* « arbre », mais une fraction du groupe aura *compris* « arbre de couche », et se sentira l'imagination aiguillée vers la représentation de l'outillage mécanique d'une usine. Le mot « usine », bien qu'il n'ait, à aucun moment, été

« aperçu », fut donc réellement recueilli par la vue et introduit dans les antécédents efficaces de l'aperception résultante : « arbre de couche ».

Voulez-vous d'autres exemples, qui montrent à l'évidence que des éléments inconscients se glissent dans la constitution même de nos perceptions sensibles, dont ils altèrent ou corrigent le dessin ?

Dans certains cas de rétinite, les cônes et les bâtonnets subissent, par plages plus ou moins étendues, des déformations ou même des destructions irrémédiables. Présentez à l'œil malade un dessin quadrillé : les lignes horizontales et verticales apparaîtront, çà et là, déviées, onduleuses ou interrompues. Mais recommencez l'expérience quelques semaines plus tard : les lésions de la rétinite subsistent, et pourtant les lignes du dessin quadrillé se seront redressées et complétées : le patient a recouvré une vue normale.

Comment cette cure de la sensation est-elle possible en dépit de la lésion persistante du sensorium ?

Elle est possible, parce que les caractères spatiaux de nos sensations visuelles sont déjà, pour la plupart, une résultante complexe d'éléments associés, parmi lesquels prédominent les sensations musculaires des muscles moteurs de l'œil (1). Les lésions de la rétinite détruisent un moment l'équilibre établi, par une longue expérience, entre les sensations visuelles immédiates et les sensations musculaires associées ; mais bientôt l'harmonie se restaure sur une base nouvelle et la perception résultante redevient normale. Or, les sensations motrices oculaires qui participent à ce pro-

(1) Dans cet exemple et dans les exemples immédiatement suivants, nous adopterons, pour plus de facilité, l'explication donnée par Wundt, et d'ailleurs généralement admise, de ces phénomènes. Il ne s'ensuit pas que nous la croyions à l'abri de toute critique. Mais cela n'importe guère, ici, car toute explication devra recourir à des éléments subconscients, liés, d'une manière ou d'une autre, à des mouvements.

cessus demeurent constamment inaperçues et réalisent donc la définition d'éléments subconscients, c'est-à-dire d'éléments actifs, appartenant au contenu de la conscience sans être eux-mêmes clairement conscients.

La même intervention subconsciente de sensations musculaires fournit la seule explication possible de ces nombreuses illusions d'optique, qui s'enchevêtrent perpétuellement à notre vision des choses. Voici deux expériences que chacun peut faire aisément.

Dans une page d'imprimerie, considérez les lettres *s*, et comparez-y l'ampleur relative de la boucle supérieure et de la boucle inférieure. Puis retournez la page de bas en haut, et regardez les mêmes lettres. Le rapport des deux boucles vous apparaîtra notablement différent. Pourtant, à part le retournement, les impressions qui vous sont venues des caractères imprimés, comme aussi les relations de distance des différentes parties de la lettre, sont demeurées identiques. Ce qui a changé, c'est uniquement l'association des sensations motrices oculaires avec les sensations visuelles brutes qui correspondent à la boucle supérieure et à la boucle inférieure de la lettre *s*. Je ne puis m'étendre sur le détail de cette explication, mais vous en comprendrez le principe, si vous voulez bien admettre que la valeur musculaire du mouvement ascendant de l'œil n'est point égale à celle d'un mouvement descendant de même amplitude.

C'est encore une différence d'associations visuelles et musculaires subconscientes, qui explique une particularité un peu étrange, dont on peut faire l'expérience dans n'importe quelle galerie de tableaux.

Je me rappelle qu'étant enfant, je raffolais d'aller visiter une bonne vieille tante, dans un vieux couvent, dont le parloir était orné de portraits d'abbesses d'ancien régime. J'étais fort intrigué, chaque fois, de voir les grands yeux, sous les coiffes, me suivre obstiné-

ment dans tous les recoins de la pièce. Plus tard mes lectures m'apprirent que c'était là un fait très banal, et que les portraits dessinés de face ont l'indiscrète habitude de fixer toujours celui qui les regarde. Pourtant, je n'étais qu'à demi satisfait de cette théorie sommaire. Il me semblait que mes abbesses n'ouvraient pas seulement sur toute la salle leurs prunelles immobiles, de manière que l'on pût, d'un point quelconque, rencontrer leur regard : il me semblait qu'en même temps elles suivaient, d'une inclinaison légère de la tête et du buste, tous mes mouvements.

Eh bien ! mon impression d'enfant ne me trompait pas : elle exprimait très sincèrement, non pas une imagination, mais la variation réelle de mes perceptions directes.

Accompagnez-moi, je vous prie, tout près d'ici, dans une grande salle que vous connaissez bien, et vous pourrez faire une expérience analogue. L'avant-dernier tableau, sur la paroi de gauche, représente le Christ debout, dépouillé de ses vêtements, dans un cachot. Veuillez d'abord dépasser un peu le tableau et en fixer un détail, par exemple le pied gauche, qui se détache à l'avant-plan. De quel côté, vers quel bord du tableau, est dirigée la pointe du pied ? Revenez alors, sans regarder la peinture, un peu en deçà du tableau, et posez-vous la même question. Les deux réponses, aussi indubitables l'une que l'autre, seront contradictoires entre elles ; le pied gauche vous apparaîtra tourné tantôt vers le bord droit, tantôt vers le bord gauche du cadre. Pour voir dans quel sens est réellement orienté le dessin matériel du pied, vous n'aurez d'autre ressource que de vous placer juste en face de la toile ; et encore...

Voilà donc un même objet plan — le tableau avec son cadre — dont l'image se modifie d'après le point de vue que vous prenez sur lui. Objectivement, les

mêmes éléments colorés, avec les mêmes distances entre eux, frappent votre rétine, de quelque côté que vous considériez la peinture. Et cependant, relativement au cadre, qui demeure à peu près fixe, certaines parties de l'image, le pied par exemple, tournent d'environ 180 degrés. Il faut donc découvrir, parmi les causes psychologiques du phénomène, une variable qui corresponde à la déformation de l'image perçue. Or cette variable n'est autre, en dernière analyse, qu'une combinaison différente d'impressions musculo-sensorielles, qui, tout en demeurant subconscientes, modifient ce phénomène résultant et déjà complexe que nous appelons la perception visuelle.

Nous venons de considérer le cas de subconscience le plus difficile à bien analyser, je veux dire le cas d'éléments subconscients noyés *à l'intérieur même d'une aperception objective*, c'est-à-dire, à l'intérieur d'un objet tel qu'il apparaît, tout formé et complètement unifié, devant la conscience. Ce cas serait fondamental et devrait nous arrêter longuement, si nous prétendions édifier une théorie du subconscient.

En réalité, lorsque les auteurs parlent de subconscience, ils entendent généralement un ordre de manifestations *secondaires et plus complexes* de ce processus primitif — intra-aperceptif — qui a retenu d'abord notre attention. Ils envisagent alors la subconscience comme un mode spécial, infra-conscient, de production, d'organisation et de liaison, non plus seulement d'éléments simples qui se groupent pour former un objet devant la conscience, mais *des groupements objectifs eux-mêmes*, entrant en jeu, cette fois, comme autant d'unités toutes faites.

Suivons les psychologues sur ce terrain nouveau ; et inventorions au passage quelques phénomènes normaux, puis quelques phénomènes anormaux, plus particulièrement révélateurs d'une subconscience.

IV

D'abord la mémoire. On a défini la mémoire : la faculté d'oublier. Tout de même, elle est un peu aussi la faculté de retenir. Or, entre le moment où j'ai appris par cœur une ode d'Horace, et le moment où elle me revient à l'esprit pour la réciter, que sont devenues les fines strophes ? Elles sont demeurées en moi obscurément, en dehors de ma conscience claire. Voilà bien le cas le plus banal de subconscience : nous avons le pouvoir d'emmagasiner en nous des « contenus de conscience », sous une forme autre que la représentation actuelle ; nous augmentons ainsi sans cesse notre avoir subconscient, et la mémoire s'en fait la pourvoyeuse, ou du moins la principale pourvoyeuse.

Compliquons un peu le cas. La mémoire, qui veille, comme un cerbère jaloux, sur les trésors qu'elle accumule, ne laisse pas toutefois, sans même en être requise, d'entre-bâiller de temps à autre la porte de l'obscur cachot où dorment nos souvenirs... Et ceux ci s'échappent à petit bruit et par petits groupes, en faisant la chaîne... Il vous est arrivé, n'est-ce pas ? — comme il m'arrive à moi, je le confesse — d'être invinciblement « distraits »... mettons que ce soit en écoutant une conférence. Malgré votre bonne volonté polie, les paroles du conférencier se faisaient lointaines,... et il surgissait en vous un exorde de discours infiniment plus intéressant que ce que vous paraissiez écouter. Votre attention se partageait, et s'efforçait à suivre deux séries parallèles, puis, n'y réussissant guère, sautillait alternativement de l'une à l'autre, de la rêverie capricieuse et personnelle à l'impersonnelle et académique dissertation. Qu'est-ce souvent qu'une distraction ? Une irruption, dans notre conscience claire, d'une sarabande de

souvenirs, échappés de notre subconscience, comme une ronde de lutins, qui se tiennent le bras et sollicitent de notre attention un sourire pour leur escapade. Remarquez qu'ils n'émergent pas au hasard, mais dans un certain ordre : il y a de la logique et de la suite dans nos distractions. Notre subconscience n'est donc pas un chaos confus, dépourvu de toute organisation.

Mais allons plus loin. Non seulement les éléments subconscients sont déjà par eux-mêmes groupés dans un certain ordre, mais leur émergence se règle aussi sur des événements qui se passent dans la conscience claire : entre la conscience et la subconscience, il y a plus que des rencontres fortuites. il existe des adaptations véritables.

Un soir, à Francfort, je faillis me faire écraser de la façon la plus absurde du monde. Je longeais le trottoir d'une avenue extrêmement fréquentée, où les véhicules de toute sorte filaient sans discontinuer. Désirant traverser la chaussée sans trop de risques, je résolus, très bourgeoisement, de pousser jusqu'à une centaine de mètres plus loin, à la rencontre d'un boulevard où la circulation était moins intense. Puis, mon esprit se perdit dans je ne sais quelle songerie. Tout à coup, à un carrefour où fiacres, calèches, autos, bicyclettes, trams et omnibus, venus de trois directions différentes, s'entrecroisaient en un impénétrable et mouvant écheveau, je me trouve — Dieu sait comme — engagé sur la chaussée, en pleine cohue, au milieu d'un concert d'imprécations et de jurons retentissants : un tram me frôlait en vitesse, une auto stoppait brusquement sur mes talons, un attelage se cabrait devant moi. Je vis tout cela en un clin d'œil, comme au sortir d'un rêve, et me dis que je ne sortirais pas entier de l'aventure... Pendant que j'ébauchais cette réflexion mélancolique, mon subconscient, qui m'avait sottement poussé là,

travaillait déjà à réparer sa bévue. En quatre bonds, et au risque de dix collisions mortelles, je fus sur le trottoir opposé. Comment y arrivai-je ? je ne m'en suis jamais bien rendu compte. Évidemment, il dut se passer quelque chose comme ceci : au moment critique, sous la poussée de l'instinct de conservation, quelque mécanisme moteur, latent dans mes centres nerveux, se déclencha de soi-même, avec une extrême rapidité, puis se développa dans une adaptation très exacte à tous les menus incidents qui surgirent au cours des quelque vingt mètres qui me restaient à franchir. Sans en avoir conscience, je dus guetter les intervalles des voitures, comparer leurs vitesses, choisir le chemin le plus sûr, ralentir, accélérer, infléchir ma course, bref, coordonner instantanément des mouvements compliqués aux renseignements fugitifs qui m'entraient dans les yeux.

Le subconscient n'est donc point totalement aveugle ni indifférent : il voit et se dirige... par les yeux de la conscience.

Mieux encore : il est subordonné, pour une part, à notre volonté, qui lui impose des consignes.

Rappelez-vous le jour où vous apprîtes à monter à bicyclette. Vous n'avez pas établi au préalable le tableau compliqué des formules de l'équilibre des solides en mouvement. Non ; mais la première fois que vous avez osé enfourcher la selle et vous risquer tout seuls, vous avez dit équivalemment à votre subconscient, comme à un bon serviteur : « Écoute : livré à toi-même, tu n'es qu'une inerte mécanique, à laquelle il doit être fort indifférent de rouler sur deux roues, ou de décrire une trajectoire tombante et de s'étendre au fond d'un fossé. Mais moi, ton seigneur, je t'ordonne de me tenir en équilibre jusqu'à nouvel ordre : tu me pousseras les pieds alternativement sur les pédales, sans que je doive

t'en donner chaque fois le commandement ; selon que tu te sentiras entraîné à droite ou à gauche, tu donneras le léger coup de guidon qui te remettra d'aplomb ; tu surveilleras la route pour éviter les pierres, et tu n'écraseras ni chiens ni poules sans mon consentement formel. Fais en sorte que j'aie à intervenir le moins possible... » Et le subconscient, docile, a rempli ponctuellement, moyennant un contrôle très sommaire de votre part, son emploi laborieux et compliqué. Et si vous êtes sincères, vous reconnaîtrez que vos chutes, le plus souvent, furent dues à des interventions intempestives de votre Moi conscient.

Que deviendrions-nous, grand Dieu, sans la complaisante souplesse de la subconscience à exécuter nos consignes ? Nous serions réduits à ne jamais remuer le petit doigt qu'en vertu d'un syllogisme concluant et d'un acte explicite de volonté. Tout apprentissage un peu compliqué nous serait interdit ; et nos écoliers devraient faire leur deuil de ces embellissements coûteux de la vie que sont la lecture, l'écriture, le piano, et autres exercices d'égal intérêt.

Remarquez encore que notre subconscient, non seulement est susceptible d'un certain dressage, comme un chien savant, mais semble comprendre le langage abstrait, et finit par collaborer très efficacement à nos travaux intellectuels : on croirait une sorte d'intelligence en sous-ordre.

Je me borne à vous citer deux exemples extrêmes, réunis dans la réalité par une série infinie d'intermédiaires.

Voici un mauvais garnement, qui s'échappe de la maison paternelle avec le dessein bien arrêté de tirer tous les cordons de sonnette du voisinage. La consigne qu'il intime à son subconscient demeure abstraite : ce n'est pas précisément de saisir *telle* poignée de fer, ou

telle patte de chevreuil, ou *telle* boule de cuivre, ni de pousser *tel* ou *tel* bouton électrique, c'est simplement de mettre en action, de la manière la plus désagréable possible, le système d'appel, *quel qu'il soit*, installé aux portes des voisins. Le subconscient du gamin ne comprend que trop bien ce langage abstrait, et s'acquitte à merveille de sa consigne.

Ceci n'est encore que de l'abstraction élémentaire. A l'autre bout de la chaîne des abstractions subconscientes, faisant pendant à notre gavroche, qui rencontrons-nous ? des membres de l'Institut, des littérateurs, des artistes, des savants illustres... Bien sûr, ici, il ne s'agit plus de tirer des cordons de sonnette : le subconscient de ces messieurs a pris de l'âge et du bon ton. Et savez-vous quels services il leur rend ? De l'aveu d'écrivains, ou même de mathématiciens célèbres, c'est bien souvent le subconscient qui rédige les discours, brosse les romans.... et résout les équations. On lui fournit les premiers éléments, on le met sur rails en lui indiquant vaguement sa route,... et la bonne bête va de l'avant, trime en silence, et produit parfois, par hasard, un chef-d'œuvre.... sans songer même à réclamer les palmes académiques dont se pavane le Moi supérieur, seigneur et maître. C'est ainsi que d'obscurs secrétaires firent la gloire des ministres dont ils composaient les harangues. Nous-mêmes, dans une sphère plus modeste, nous recourons souvent à ces bons offices de la subconscience : nous appelons cela « prendre le temps de réfléchir », « laisser se tasser une question », « dormir sur un problème », « attendre l'inspiration », et que sais-je...

Toutefois, il importe de ne rien exagérer. Le travail compliqué et partiellement abstrait de la subconscience ne s'effectue que sous l'impulsion initiale et selon les directions reçues du Moi conscient : et, puis, c'est le Moi conscient lui-même, qui, petit à petit, s'est formé,

dans le subconscient, un coadjuteur aussi précieux. Il l'a façonné à son image. Et il y a bien quelque mérite à cela : essayez donc d'aiguiller la subconscience d'un portefaix vers la solution de problèmes comme ceux-ci : « l'analogisme de l'Idée pure » ou bien, en mathématiques, « l'intégration d'un système d'équations différentielles »...

Aux caractères de la subconscience que nous avons dégagés plus haut, nous ajouterons donc celui-ci : elle comprend le langage abstrait, elle est éducable.

La psychologie normale nous révèle un dernier trait caractéristique du subconscient : je veux dire la dépendance étroite qu'il manifeste par rapport à notre vie affective, à nos sentiments..., l'on pourrait dire, d'une manière générale, vis-à-vis de nos tendances ou de nos inclinations.

Cet empire des tendances et des sentiments est tout à fait comparable à celui de la volonté. Seulement, alors que nous ne voulons jamais à la fois et explicitement deux fins opposées, il arrivera fréquemment que nos sentiments nous poussent, ou nous tirent, en des sens divers. Rappelez-vous le morceau classique : « Je sens deux hommes en moi ». Dans la jolie scène d'Andromaque recevant le petit Astyanax, Homère peint en deux mots l'alliance de sentiments qui semblent s'exclure : Andromaque, voyant son fils, sourit à travers ses larmes : δακρύοεν γελάσασα.

Parfois le conflit des sentiments juxtaposés se prolonge durant des années. Dans un roman inachevé, qui ressemble à une autobiographie, Taine présente son héros, à l'âge de quatorze ans (si j'ai bon souvenir), au moment où il vient de perdre son père. Ce qu'il y a de poignant dans la vie que mènera désormais cet orphelin, dépourvu de toute proche famille, c'est l'association permanente de deux sentiments, également

forts : un sentiment profond de deuil et d'abandon, quelque chose de douloureux, sur quoi le pauvre adolescent retombera invariablement chaque fois qu'il descendra en lui-même : mais, par dessus cet arrière-fond déprimant, un sentiment précoce de fierté et de dignité, qui lui fait envisager la vie en face et régler son action extérieure avec la plus inflexible fermeté. Chacun de ces deux sentiments va servir, pour ainsi dire, de centre de cristallisation aux éléments de la subconscience : celle-ci, après quelques oscillations de l'un à l'autre, finira par se dissocier en deux systèmes peu ressemblants, qui voisineront comme ils pourront. Dans notre orphelin, il y aura d'abord un grand jeune homme, que connaissent superficiellement ses camarades : âprement laborieux, volontaire et froidement lucide, un jeune homme dont le subconscient semble tendu exclusivement vers le devoir et le succès légitime ; puis, il y aura, sous la même personnalité physique, un second jeune homme, qui est presque seul à se connaître : sensible, vibrant et doux à la fois, délicat et assombri, dont le subconscient semble tout en nuances et en retours ondoyants.

Ce subconscient en partie double, malgré les inconvénients qu'il entraîne, est encore compatible avec une vie psychologique normale, aussi longtemps du moins que la volonté dominatrice demeure assez puissante pour contraindre à une suffisante unité les deux systèmes antagonistes. Mais nous pressentons déjà ici la frontière des états maladifs : il suffirait que l'organisation subconsciente, imparfaitement comprimée, envahît le domaine de la vie consciente et gouvernât plus ou moins celle-ci, pour qu'apparussent, à l'observation psychologique, des phénomènes ouvertement anormaux, révélateurs du désordre interne. Pour reprendre une comparaison que nous faisions tout à l'heure, le mécanisme du cinématographe, dès qu'il

est faussé, s'inscrit de mille manières sur l'écran, au lieu de demeurer discrètement dissimulé derrière les images projetées.

Examinons rapidement le subconscient sous ce nouvel aspect ; je veux dire, le subconscient sortant de son rôle obscur et utile, pour usurper, au moins transitoirement, l'avant-scène de la conscience.

V

Je dois m'excuser d'inaugurer le relevé d'une série de cas anormaux par la mention du sommeil. Le sommeil, grâce à Dieu, n'est point un état pathologique : pourtant, dès l'antiquité, il parut être « l'image de la mort », et toujours les rêves piquèrent nos curiosités humaines à l'égal des phénomènes anormaux. Pendant le sommeil, nous perdons le contrôle volontaire de notre vie consciente : la subconscience trouve le champ à peu près libre. Vous aurez vu, au soir de journées chaudes, s'exhaler d'une plaine ou d'une vallée, une nappe de buée blanchâtre, qui reste flottante à peu de mètres du sol, sous la pâle lumière du crépuscule. On s'imagine ainsi, pendant le sommeil, les couches profondes de notre vie subconsciente s'exhalant, et flottant par dessus notre corps endormi : mystérieuses rêveries, ouatées et silencieuses...

A dessein je rapproche ici les deux mots « rêve » et « rêverie », car, entre le rêve, et la rêverie à l'état de veille, il n'existe, à vrai dire, qu'une différence de degré : nous dirigeons encore jusqu'à un certain point nos rêveries ; le rêve, c'est la rêverie libérée de tout contrôle personnel et volontaire. Aussi le rêve se montre-t-il capricieux et déconcertant pour notre raison « éveillée » ; mais nous nous tromperions fort en le croyant inorganisé, chaotique ; il met en œuvre des

mécanismes qui gisaient en nous, tout montés, et il s'enchaîne au gré de tendances naturelles ou acquises qui subsistaient en nous plus ou moins dissimulées. Le rêve nous révèle, par fragments, notre subconscience.

La fantaisie du subconscient, pendant le sommeil normal, est bridée, entravée, par l'état inerte du corps, et elle ne nous laisse au réveil, que peu ou point de souvenirs. Nous la considérons comme une parenthèse dans notre vie plutôt que comme une partie continue de celle-ci. Pourtant, dans certains états légèrement pathologiques, qui se rencontrent chez des sujets encore normaux, par exemple dans les crises nocturnes de somnambulisme, le subconscient empiète davantage sur les attributions de la vie consciente : il met en jeu des muscles ordinairement soumis à la volonté et entraîne à des démarches parfois bizarres. Mais, si vous le voulez bien, nous laisserons nos somnambules courir seuls dans les gouttières : j'en fais mention uniquement parce que ces accidents bénins de somnambulisme nous induisent à examiner une série d'empiètements analogues, mais infiniment plus graves, d'une subconscience émancipée. J'entends parler de cas nettement pathologiques. Vous me pardonnerez, malgré la pitié qu'ils inspirent à bon droit, de les caractériser en bloc par un apologue emprunté à la « pathologie » doucement risible de la vie quotidienne.

Représentez-vous un vieil et honnête célibataire, maire de village, et sa gouvernante, un peu plus vieille encore. Au début, il y a bien longtemps, la gouvernante, malgré la supériorité que lui conféraient quelques rides naissantes, obéissait simplement à son jeune « bourgmestre »,... comme la subconscience d'un homme normal lui obéit à l'état de veille.

Bientôt pourtant, la bonne femme se surprit, pendant la sieste de monsieur le Maire, à se pavaner

dans le jardinet clos de haies vives et à mimer très innocemment le rôle de maîtresse de maison : ce n'était encore que l'anodine fantaisie de la subconscience dans nos rêves. Première étape.

Mais la perfide ne s'en tint pas là. Mise en appétit de domination, elle souffle à son maître des ambitions démesurées, qui doivent le retenir loin du logis : il fréquentera les réunions politiques, il colportera des discours, il briguera un mandat provincial ; pour un peu elle l'expédierait au Parlement : en l'absence du maire, elle trône seule à la maison, elle donne audience, elle écrase les commères du village, elle morigène l'institutrice, elle dirige la commune... Toutefois, le « bourgmestre » rentré, elle rentre, en apparence du moins, dans son néant. Pendant quelque temps, le pouvoir légitime et le pouvoir usurpé alternent : on se passe mutuellement l'écharpe. Seconde étape : la subconscience envahit périodiquement le champ de la conscience ; il s'établit une alternance de personnalités psychologiques.

A la longue, notre ambitieux, déçu par la grande politique, se confine en son royaume villageois : il prend des rhumatismes et devient sédentaire. Son ministre enjuponné va-t-il abdiquer ses prétentions au pouvoir personnel et s'effacer définitivement au second rang ? Cela arrive, n'en doutons pas ; mais le contraire peut arriver tout aussi bien. La gouvernante — appelez-la Catherine, si vous voulez — n'abdiquera pas sans résistance ; même, elle trouvera bien le moyen de gouverner, et de gouverner aussi despotiquement que son impériale homonyme la grande Catherine de Russie. La présence du maire ne lui paraît plus un obstacle. Il ne s'en faudra guère que la commune n'ait désormais deux têtes à la fois, l'une coiffée du feutre mou, l'autre coiffée du petit bonnet de perles noires, et, qu'en dehors du domaine strictement officiel, on ne

se déshabitue de poser la question de légitimité... La subconscience aussi peut quelquefois s'immiscer si avant dans la conscience claire, que non seulement elle remplace temporairement cette dernière, mais même s'y juxtapose insolemment, avec toute l'apparence d'une seconde conscience claire : Monsieur le Maire et Mlle Catherine !...

Voulez-vous des exemples de cette émergence croissante de la subconscience, refoulant plus ou moins la conscience normale ? Les Cliniques de Pathologie mentale en regorgent : c'est leur pain quotidien.

Un jour, dans la Clinique de Psychiâtrie légale d'une grande ville étrangère, la voiture du commissariat de police amène un jeune homme de 16 à 17 ans, gauche, timide, penaud, l'air perdu. On venait, tout fraîchement, de le repêcher dans une jolie rivière bleue, qui traverse la ville après avoir dévalé des montagnes. Qu'était-il arrivé au précoce désespéré ? La veille, au jeu, il s'était fait surprendre volant une petite somme : ses compagnons l'avaient menacé de le dénoncer, sans qu'il parût s'effrayer beaucoup de cette perspective. Le soir, son attitude dans sa famille avait pourtant donné l'impression qu'il approchait d'une crise d'épilepsie, accident auquel il était sujet : mais on ne s'en soucia pas autrement. Le lendemain, il s'en fut tout droit au quai de la rivière, et sauta le parapet. A peine eut-il touché l'eau, qu'il se mit à se débattre et à crier au secours. L'interrogatoire que les juristes et médecins firent subir au pauvre garçon montra qu'il n'avait aucun souvenir de ce qui s'était passé depuis la veille au soir : le froid de l'eau l'avait éveillé en sursaut, comme d'un profond sommeil, et dans son effroi soudain il avait crié au secours de tous ses poumons.

Il arrive aux épileptiques d'avoir de ces absences, parfois très longues, véritables accès de somnambu-

lisme, pendant lesquels la subconscience reste maîtresse d'agir à sa guise. Or, elle n'est pas précisément un guide très sûr : faite pour des rôles subalternes, elle manque de tête et de discernement. Du reste, ses équipées ne prennent pas nécessairement un tour tragique : car elle a parfois l'usage du monde, le sens des affaires, et même, semblerait-il, des principes moraux et religieux. Un riche négociant épileptique s'embarque à Anvers ou à Liverpool, se conduit partout habilement et galamment, et, après deux mois, s'éveille un beau matin à Bombay,... stupéfait de se trouver là, et ne se rappelant absolument rien depuis le jour où il avait quitté son domicile. Le subconscient avait rempli très honnêtement l'intérim.

Ai-je dit que le subconscient, même quand il usurpait l'avant-scène, gardait, si l'on peut s'exprimer ainsi, une « âme subalterne » ? Habitué à se laisser conduire, dépourvu d'originalité véritable, il reste toujours extrêmement « suggestionnable ». Les hypnotiseurs le savent bien. Lorsqu'ils plongent leurs patients en hypnose, ils refoulent et entravent, par des procédés divers, la conscience normale de ceux-ci, pour faire émerger, seule, la subconscience fragmentaire et plus ou moins désemparée. Ils créent une sorte d'état de somnambulisme, de rêve parlé et agi, dans lequel ils insinuent leur propre vouloir. Car c'est avec le subconscient émergé que l'hypnotiseur lie conversation ; c'est ce subconscient qu'il suggestionne et qu'il domine presque à volonté, qu'il entraîne aux actes les plus absurdes. Des leçons d'hypnotisme, même parfaitement décentes et respectueuses de la dignité humaine, on retire l'impression d'une pitié étonnée pour notre pauvre machine subconsciente, si bêtement suiveuse du premier venu, dès qu'elle échappe au contrôle de la volonté personnelle.

Un jour, pourtant, j'eus la satisfaction — dans une grande Clinique étrangère — de voir la machine humaine se dresser soudain, dans un retour inattendu de dignité supérieure, et menacer de sauter en pièces plutôt que de céder à la suggestion.

C'était un pauvre diable d'employé, encore jeune, inculpé de tentative de meurtre sur son patron. Exaspéré par un déni de justice, le jeune homme avait soudain brandi un revolver et... tiré à blanc. Les magistrats chargés de l'affaire étaient assez perplexes : le prévenu, en tirant, savait-il que son arme n'était point chargée à balles ? sa culpabilité, dans ce cas, était beaucoup moins grave. Comme il présentait d'ailleurs des tares nerveuses, on l'envoya en observation dans la Clinique médico-légale d'une des sommités de la Pathologie mentale. On l'amène donc dans la salle des leçons cliniques. Le professeur annonce qu'il va tenter d'arracher un aveu dans le sommeil hypnotique (1). Le sujet est endormi sans difficulté.. On lui suggère d'avouer qu'il a voulu donner la mort à son patron. Refus net. Surprise du professeur, qui rend le sommeil hypnotique plus profond. On s'assure que l'insensibilité cutanée est complète, et que le sujet ne joue pas la comédie de l'hypnose, comme le font certains simulateurs. Puis la suggestion est répétée. Nouveau refus. Le professeur insiste, s'impatiente, se fait brutal... Refus obstiné, sans hésitation ni fléchissement. La scène devient pénible ; les spectateurs commencent à s'indigner de l'âpreté du professeur. Le butor pédant, piqué dans sa vanité, renforce toujours la suggestion. Au moment où la résistance du patient semblait devoir céder, le pauvre diable, épuisé, eut une dernière déné-

(1) Le professeur n'avait en vue, croyons-nous, que de faire une expérience, et non de créer par surprise une charge contre le prévenu, ce qui serait, pour le dire en passant, un procédé absolument illicite d'instruction judiciaire.

gation, puis retomba en arrière, tout le corps contracturé : il devenait violet d'asphyxie et montrait le blanc des yeux... On l'emporta.

Cette crise eût-elle été mortelle, qu'on aurait éprouvé une sorte de satisfaction de la victoire morale d'une subconscience, véridique peut-être, et fière en tous cas, sur la tyrannie d'une suggestion poussée à l'extrême. Malgré ses inconstances et ses faiblesses, notre subconscient garde donc quelque trace de nos bonnes habitudes, de nos principes d'action morale, et même de nos fortes résolutions. Nous avons vu d'ailleurs qu'il est éducable : réjouissons-nous qu'il fasse parfois honneur à son maître.

La conscience normale d'un épileptique, et, à plus forte raison, celle d'un hypnotisé, est pour ainsi dire une conscience à éclipses : les interventions, même prolongées, de la subconscience y conservent généralement le caractère d'épisodes intercalaires.

Mais parfois — le cas se présente surtout dans l'hystérie — la subconscience tend à s'organiser plus fortement, pour son compte, en marge de la conscience normale. Entre le système subconscient et le système que j'appelle « normal », le fossé se creuse et s'approfondit. Petit à petit, le système subconscient acquiert assez d'éléments tendanciels et spéculatifs pour vivre de sa vie propre. Facilement alors il prendra soi-même tous les attributs d'une personnalité psychologique et tiendra sérieusement en échec la systématisation normale : au gré d'incidents menus et imprévisibles, il se substituera au Moi primitif pour des périodes assez longues.

La vie psychologique du malade se déroulera, dès lors, comme s'il possédait deux personnalités — A et B — se succédant sur la scène de ce monde. Appelons « états premiers » la série des périodes correspondant

à la personnalité A. D'un état premier à un état premier, la mémoire renoue sa trame : l'ensemble de la série forme vraiment l'histoire d'une vie. De même, dans les « états seconds », c'est-à-dire dans la série des périodes correspondant à la personnalité B, la mémoire, qui perd alors tout souvenir des « états premiers », relie des « états seconds » en une chaîne d'apparence continue : c'est une deuxième vie, qui se juxtapose, ou plutôt s'entremêle à la première.

Le roman d'un malheureux, atteint de ce « dédoublement de la personnalité », devrait s'écrire en deux colonnes : à droite, Monsieur Z est un homme charmant, spirituel, délicat, charitable, pieux... ; à gauche, le même Monsieur Z est un homme dur, acariâtre, grossier, impie... Lequel des deux est le Monsieur Z authentique ? Peut-être ni l'un ni l'autre. N'allez pas surtout le lui demander à lui-même : le Monsieur Z de personnalité A n'a jamais rencontré le Monsieur Z de personnalité B : ils alternent...

Ce désordre psychologique peut créer des situations tristement bizarres. Des faits importants de la vie sociale : mariage, deuils, contrats, etc., survenus pendant l'état premier, seront totalement ignorés à l'état second. On cite de nombreux exemples de ces anomalies plus ou moins dramatiques.

Mais parfois la subconscience organisée devient plus audacieuse encore. Elle s'installe en plein jour, et en permanence, à côté de la conscience normale. Au lieu de deux personnalités alternantes, nous trouvons, se prélassant ensemble, deux ou plusieurs personnalités simultanées : dans un cas célèbre, assez récent, on put reconnaître jusqu'à cinq, ou même sept personnalités subsistant à la fois, et présentant chacune des attributs bien tranchés.

Est-il possible que des courants totalement indépen-

dants (1) traversent simultanément le champ d'une conscience ? Pour résoudre cette question de possibilité, il faudrait étudier à fond le rapport entre l'aperception transcendantale, nécessairement une, et l'aperception empirique, qui peut être multiple.

Quoi qu'il en soit, le fait de la mise en exercice, pratiquement simultanée, de deux séries conscientes, opaques l'une pour l'autre, dans l'unité physique d'une même cervelle, ce fait n'est point si difficile à constater. Si vous avez la chance de rencontrer un malade extra-sensible, ou un médium bien doué, mettez-lui en main un crayon et suggérez-lui de s'en servir ; en même temps, engagez-le dans une conversation serrée, absorbante. Tout en vous répondant correctement, peut-être écrira-t-il, d'autre part, à son insu, une véritable dissertation sur un sujet entièrement différent. Or, la conversation, d'un côté, et la dissertation écrite, de l'autre, exigent non seulement un travail intellectuel en partie double, mais aussi deux séries contrastantes d'imaginations, de sentiments, de passions... Remarquez que ce cas d'« écriture automatique » est très différent de celui d'une personne qui ferait, comme on dit, « deux choses à la fois », par exemple qui dicterait deux lettres simultanément. Car, à supposer que la simultanéité psychologique fût ici parfaite, il resterait toujours que celui qui dicte se rend compte des deux séries menées de front et les unit donc explicitement dans l'unité d'une même conscience : il n'y a pas de dédoublement véritable. Tandis que, dans l'écriture automatique, les deux séries se développent isolément, sans aucun intermédiaire conscient.

(1) Nous n'oserions pas affirmer que l'indépendance (psychologique) *totale* des personnalités alternantes ou simultanées soit expérimentalement établie ; au contraire, nous croirions plutôt qu'il persiste entre elles certains rapports associatifs. On voudra donc bien ne point prendre en un sens trop absolu notre formule, qui n'impliquerait en tous cas — c'est bien évident — aucun morcellement de la personnalité *métaphysique*.

Si nous supposons ces deux séries autonomes développées et compliquées au point où elles équivaudraient à des « personnalités » psychologiques permanentes, nous retrouverons le cas extrême auquel je faisais allusion il y a un instant.

Vous concevez la perplexité du médecin traitant devant cette complication — heureusement rare — de la vie mentale. Ici, la subconscience a conquis vraiment toutes les prérogatives de la conscience : selon la très inélégante expression technique, elle est devenue une « co-conscience », ou plutôt, toute une smala bigarrée de « co-consciences ». Patiemment le spécialiste s'efforcera, en découvrant ou en créant entre elles quelques points communs, de souder et de ramener à l'unité ces consciences parallèles. Entreprise lourde de responsabilités !...

VI

Vous voyez quelle large place la subconscience occupe dans la vie psychologique soit normale, soit anormale.

Malgré la simplicité extrême — peut-être même excessive — de mon exposé, vous aurez pu faire au passage quelques remarques d'un intérêt assez général.

D'abord, vous aurez constaté que le mot « subconscience » ne désigne point une réalité homogène. Nous avons inventorié, sous cette étiquette, aussi bien des éléments matériels que des éléments formels, aussi bien des représentations que des schémas moteurs, aussi bien des actes que des fonctions... Ne nous étonnons donc pas de rencontrer souvent, dans l'histoire de la psychologie, la « subconscience » avant la lettre. Certains groupes de phénomènes subconscients furent décrits dans les théories antiques de la mémoire et de la réminiscence, dans les théories de l'instinct, dans

les théories idéogénétiques de toutes nuances, dans la théorie scolastique des « species » et des « habitus » spéculatifs ou pratiques, dans la théorie de l'« operatio per modum naturae », dans la théorie cartésienne de l'innéité virtuelle des idées simples, dans la théorie leibnitzienne des « petites perceptions non aperçues », dans les théories empiristes de l'association et de l'abstraction, dans la théorie kantienne du schématisme, et, plus récemment, dans la théorie des seuils de perception, dans les théories diverses de l'activité aperceptive, dans les théories médicales de l'automatisme psychologique, et que sais-je ?...

A ces phénomènes variés — et à d'autres encore, plus spécialement étudiés de nos jours — la qualification relativement récente de « subconscience » ne confère en somme qu'un attribut commun négatif, je veux dire, la propriété « d'être dans la conscience, sans être clairement conscient ». Pourtant, c'est une seconde remarque que vous aurez faite, cette unité négative suffit à créer je ne sais quel air de parenté entre les éléments par ailleurs les plus disparates. C'est qu'ici, l'unité négative, caractéristique de la subconscience, révèle une véritable communauté physique entre les états subconscients : la communauté même des conditions qui rendent possible *l'inconscient dans le conscient.*

Une interprétation théorique de l'unité des phénomènes subconscients reposerait donc sur les solutions les plus profondes de la « métaphysique du sujet connaissant ». Mais il ne m'appartient pas d'entrer aujourd'hui sur ce terrain réservé...

Vous aurez remarqué, en troisième lieu, de combien d'applications théoriques et pratiques est susceptible la considération du subconscient. Applications qui doivent être d'autant plus étendues et d'autant plus nuancées, que, par dessus l'influence régulière et permanente de la subconscience, les accidents morbides de celle-ci

sont eux-mêmes largement représentés (à l'état inchoatif, sans doute) dans notre vie psychologique normale. Songez, par exemple, aux problèmes d'éducation et d'ascèse, où le jeu — naturel ou faussé — de la subconscience peut revendiquer une place importante.

On comprend aisément ce rôle du subconscient dans l'édification active de notre personnalité morale.

En effet, la subconscience, en dépit du mystère dont elle se voile, emprunte tous ses matériaux à la sensibilité interne et externe : disons plus : elle les emprunte, souvent, tout élaborés déjà par leur passage à travers la conscience claire. Et puis, dans son organisation même, la subconscience dépend, certes, premièrement, de nos dispositions héréditaires, mais elle dépend aussi, pour une large part, des principes théoriques et des règles de conduite que nous introduisons volontairement en nous. Toutes nos pensées, tous nos sentiments, toutes nos démarches, inscrivent fatalement quelque chose au grand livre de notre vie subconsciente. Et ceci, lorsqu'on y songe, donne le frisson. Car la subconscience ne demeure pas couchée dans sa niche, comme un bon chien endormi : elle tend perpétuellement à envahir nos actes conscients, à se mêler à notre vie supérieure. Autant une subconscience normalement développée, sagement ordonnée, devient un auxiliaire précieux, autant une subconscience mal éduquée nous réserve de déboires. Par elle, bon gré mal gré, nous sommes prisonniers de tout notre passé psychologique et moral.

Laissez-moi terminer ici, au point critique où la causerie menace vaguement de tourner au sermon, fût-ce au « sermon laïque ». Notre subconscience d'humanistes, nourrie des adages classiques, protesterait si nous transgressions sans nécessité la loi de la « séparation des genres ».

J. Maréchal, S. J.

PASCAL

(1623-1662) (*)

Chargé pendant un quart de siècle et plus (1884-1910) du *Cours d'histoire des sciences physiques et mathématiques* à l'Université de Gand, nous avons été naturellement amené à situer de notre mieux Pascal au milieu de ses contemporains. Notre appréciation de l'illustre écrivain comme savant diffère beaucoup de celle des littérateurs et des philosophes qui ne l'ont jamais étudié à ce point de vue.

Dans son ouvrage *De l'Église Gallicane* (Liv. I, c. 9), Joseph de Maistre, dès 1820, a déjà dit l'essentiel sur la légende de Pascal. Mais les discussions récentes (1906 et années suivantes) sur la probité scientifique de Pascal, à propos de la découverte de la pression atmosphérique, ont forcé les plus inattentifs à examiner de plus près les détails de sa biographie morale.

En France, malgré tous les documents, l'admiration pour Pascal est presque de l'idolâtrie, même chez ceux qui connaissent et signalent la plupart des lacunes de son esprit et de son caractère, comme Petitot et H. Bremond. Ce dernier termine ainsi un article publié dans le CORRESPONDANT du 25 avril 1909 (pp. 246-268) : « Pascal s'est trompé lourdement sur le dogme et la morale. Il a manqué de charité dans une circonstance

(*) Cet article posthume fut écrit pendant la guerre et achevé environ un an avant la mort de son savant auteur. On y reconnaîtra un des caractères les plus saillants du tempérament intellectuel de Paul Mansion, une fermeté de jugement, accentuée au point de dédaigner parfois la nuance.

mémorable où il a mis au service d'un parti tous les trésors de son éloquence, toutes les ironies de l'orgueil humain. Il a contristé l'Église et réjoui les incrédules et je crois l'entendre lui-même qui me presse de faire aussi large que possible la part de ses erreurs et de ses misères. Nous l'aimons pourtant, nous le vénérons parce qu'il a écrit, parce qu'il a vécu le *Mystère de Jésus*. Libre à chacun de choisir un héros spirituel de prédilection dans la pléiade de nos demi-saints : Fénelon, Bossuet, Malebranche, Newman. Nous sommes nombreux en France, à cette heure, qui mettons au-dessus de tous ces noms le nom de Pascal. »

C'est contre cette demi-canonisation que nous essayons de réagir dans notre première partie.

Dans la seconde, nous examinons, à la lumière de documents anciens et nouveaux, l'angoissante question : *Pascal est-il mort janséniste ?* et, pour des raisons externes et internes que nous croyons bonnes, nous la résolvons négativement.

L'appendice contient des *notes bibliographiques* sur Pascal, Newman, la théologie morale et l'apologétique. Les principaux ouvrages y sont désignés par un numéro d'ordre et une initiale, et introduits ainsi, en abrégé, dans les citations que nous en faisons au cours de cette étude.

La légende de Pascal

« Il y avait un homme qui, à douze ans, avec des *barres* et des *ronds*, avait créé les mathématiques ; qui, à seize, avait fait le plus savant traité des coniques qu'on eût vu depuis l'antiquité : qui, à dix-neuf, réduisit en machine une science qui existe tout entière dans l'entendement : qui, à vingt-trois, démontra les phénomènes de la pesanteur de l'air et détruisit une des

grandes erreurs de l'ancienne physique ; qui, à cet âge où les autres hommes commencent à peine de naître, ayant achevé de parcourir le cercle des sciences humaines, s'aperçut de leur néant et tourna toutes ses pensées vers la religion ; qui, depuis ce moment jusqu'à sa mort, arrivée dans sa trente-neuvième année, toujours infirme et souffrant, fixa la langue qu'ont parlée Bossuet et Racine, donna le modèle de la plus parfaite plaisanterie, comme du raisonnement le plus fort ; qui, dans le court intervalle de ses maux, résolut, en se privant de tous les secours, un des plus hauts problèmes de géométrie, et jeta au hasard sur le papier des pensées qui tiennent autant de Dieu que de l'homme. Cet effrayant génie se nommait Blaise Pascal. »

Telle est la légende, admirablement résumée par Chateaubriand, dans le *Génie du Christianisme*. On la retrouve, sous une forme plus moderne, dans presque tous les ouvrages publiés récemment sur Pascal, celui de Joseph Bertrand excepté (19, B).

D'où proviennent les exagérations et les inexactitudes de cette légende ? De l'une ou l'autre de ces deux causes ou des deux à la fois : la plupart de ceux qui s'occupent de l'auteur des *Provinciales* se fient à des monographies de troisième ordre, par exemple au livre de Desboves (17, D), pour apprécier ses recherches scientifiques. Au point de vue religieux, ils sont encore plus mal informés, surtout s'ils sont rationalistes : n'ayant que des connaissances rudimentaires en apologétique et en théologie, beaucoup confondent le jansénisme avec le catholicisme et croient naïvement réfuter celui-ci en signalant les absurdités de celui-là. C'est le cas de Bertrand, de Sully-Prudhomme (20, 21, S) qui ont bien vu et ont signalé l'insuffisance apologétique des *Pensées* prises dans leur sens janséniste obvie.

En réalité, le célèbre éloge de Pascal par Chateaubriand est faux d'un bout à l'autre. Pascal n'a pas *créé*

les premiers éléments des mathématiques, mais les a *appris* dans les *Éléments* d'Euclide, lus en cachette (8. B. p. 6), et par les conversations de son père et d'autres maîtres, comme l'a très bien montré Bertrand. Il a emprunté à Desargues, vrai initiateur en cette matière, les principes de son traité des coniques, dont rien n'est resté qu'un théorème. Sa machine arithmétique est très imparfaite et n'était pas si difficile à inventer qu'on le croit communément : un horloger de Rouen, sur l'annonce d'une machine à calculer, avait eu l'adresse d'en construire une fondée sur une autre espèce de mouvement que celle de Pascal. Celui-ci a fort maltraité le pauvre horloger parce qu'il ignorait la géométrie et la mécanique. « Méprisant cet humble rival, sans le dédaigner, dit Bertrand, le jeune inventeur se montra, dans toutes les circonstances de cette sorte, adversaire redoutable et violent » (19, B, p. 45). Pascal obtint en 1649 du chancelier Pierre Séguier un privilège pour étouffer « avant leur naissance, comme il dit, tous ces avortons illégitimes qui pourraient être engendrés d'ailleurs que de la légitime et nécessaire alliance de la théorie et de l'art » (16, P, p. 363). L'horloger ne put donc plus travailler à perfectionner sa machine, très imparfaite et d'aucun usage, mais achevée avant la sienne (16, P, p. 363). Ce privilège obtenu contre un simple artisan, son concurrent, n'est certes pas à l'éloge de Pascal.

Ce n'est pas Pascal, c'est Torricelli qui a trouvé la pesanteur de l'air et c'est à Mersenne et à Descartes que l'on doit très probablement l'idée de la célèbre expérience du Puy de Dôme. Pascal n'a vu clair dans la théorie de Torricelli qu'après le P. Noël (l'ancien maître de Descartes), qui n'y avait rien compris lui-même que lors de son troisième écrit sur la question. Longtemps Pascal s'est tenu au point de vue de Galilée

(horreur limitée de la nature pour le vide), comme le prouvent ses *Nouvelles expériences touchant le vide*. Pour faire croire le contraire, Pascal a singulièrement altéré la vérité en 1648 et en 1651. En revanche, Pascal est bien l'inventeur de l'expérience dite du *vide dans le vide*, mais c'est Roberval qui l'explique par sa découverte en 1648, donc avant Boyle, de la compressibilité et de l'élasticité de l'air. De l'ensemble des documents, il résulte qu'en hydrostatique et en aérostatique, Pascal ne vient qu'après Stevin, Torricelli, Roberval, Otto de Guéricke (18, Th.).

Enfin, Pascal n'a jamais parcouru le cercle des sciences humaines. Il avait fait des études privées sous la direction de son père, Étienne Pascal, qui manquait évidemment de bon sens, comme on peut le voir dans le récit de la première maladie de son fils, où *il le fait guérir par une sorcière* (7, D, pp. 32-34). Son plan d'éducation pour Blaise (Ib., pp. 4-7) était beaucoup trop scientifique et trop peu littéraire, trop peu philosophique et trop peu théologique. Blaise Pascal ne lut jamais ni grands philosophes, ni grands théologiens (Platon, Aristote, saint Augustin, saint Thomas d'Aquin), mais il connut, outre les ouvrages des jansénistes, Cicéron, Sénèque et des auteurs de second ou de troisième ordre, comme Epictète et Montaigne, ce dernier méprisable pour sa doctrine et ses mœurs.

Pour les découvertes mathématiques de son temps, en général il les méprisait, hélas, au point de ne pas se douter que la géométrie analytique, créée par Descartes et Fermat, ouvrait aux mathématiciens de nouveaux et immenses horizons : aussi est-ce avec des méthodes surannées qu'il traite des questions de quadratures où un peu d'algèbre eût introduit de grandes simplifications. En mathématiques, Pascal ne vient qu'après Cavalieri, Roberval, Grégoire de Saint-Vincent, Descartes, Desargues, Fermat, qui sont

inventeurs conscients de méthodes générales (recherche de sommes ou de rapports d'infiniment petits ; géométrie analytique ; géométrie projective ; théories des nombres et élimination algébrique), tandis que Pascal ne traite que des questions particulières.

Dans le domaine des sciences, le vrai mérite de Pascal — dont d'ailleurs Chateaubriand n'a rien dit c'est d'abord d'avoir établi, en même temps et sous une forme meilleure que Fermat, les premières règles du calcul des probabilités, par une méthode vraiment féconde, qui contient virtuellement une partie importante du calcul des différences ; ensuite, d'avoir développé dans un écrit qui n'a paru qu'après sa mort, toutes les conséquences du principe de l'égalité de pression dans les fluides ; mais ce principe lui-même est dû à Simon Stevin qui l'a fait connaître dès 1586 dans un ouvrage flamand, traduit en latin en 1608 et en français en 1634. En somme, Pascal n'est initiateur qu'en calcul des probabilités ; partout ailleurs il est le continuateur de quelqu'un, mais de quelqu'un qu'il fait complètement oublier, tant il l'emporte, par la clarté et la logique de son exposition, sur tous ses prédécesseurs et tous ses contemporains (1).

Il est certain aussi, comme on l'a remarqué, que, dans les *Provinciales,* Pascal *a fixé la langue de la calomnie* (12, M ; 13 W). Escobar (1589-1669), la principale victime des accusations mensongères de

(1) Pascal semble ne pas distinguer, ni en mathématiques, ni en physique, ce qui est vraiment *invention nouvelle* et ce qui en est *conséquence inévitable.* Voir ce qu'il dit sur l'art de découvrir dans son écrit de l'esprit géométrique (3e alinéa) et cette pensée souvent citée : *Qu'on ne dise pas que je n'ai rien dit de nouveau,* etc. (7, D, p. 76 ; 8, B, n° 22). A cause de cela, dans son naïf orgueil de logicien incomparable, il s'attribue ce dont d'autres ont trouvé les premiers commencements sous une forme obscure ou implicite, mais dont l'évolution future était certaine avec ou sans lui. Pascal semble même méconnaître ce qu'il y a de radicalement nouveau dans sa propre méthode pour résoudre le problème des partis.

Pascal, appartenait à une grande famille espagnole très considérée ; c'était un religieux très savant et très charitable, et un parfait honnête homme. Pascal avait créé méchamment l'expression *mœurs escobartines*, pour *mœurs relâchées* (8, B, n° 915 ; 7, D, pp. 275-275) ; elle n'est pas restée, mais *escobarderie* (restriction mentale) et *escobarder* sont devenus français (1) à cause des calomnies de Pascal. Que dirait-on en France, si l'on se servait en espagnol du mot *pascalismo* comme synonyme d'improbité littéraire ou scientifique, en souvenir des actes de ce genre dont Pascal s'est rendu coupable en 1649 (horloger), 1648 et 1651 (pesanteur de l'air), 1656 (Provinciales), 1659 (roulette) (2) ?

Dans les *Pensées*, écrites avec une vigueur de style extraordinaire, on trouve une psychologie outrancière et simpliste, toute géométrique et manquant de cet *esprit de finesse* tant vanté par l'auteur. Les pensées *qui tiennent de Dieu*, comme dit Chateaubriand, sont inextricablement mêlées à celles *qui tiennent de l'homme*, de l'homme infecté du virus janséniste et, comme tel, ennemi de la raison et de la philosophie : Didiot a indiqué minutieusement en bas des pages de son édition toutes les erreurs, les exagérations et les lacunes du grand écrivain, particulièrement en philosophie (sur la prétendue impuissance de la raison) et en théologie (sur le péché originel et sur l'insuffisance de la rédemption) (7, D).

Mais telle qu'elle est, l'apologétique impitoyable et rigoriste de Pascal est imprégnée de scepticisme et,

(1) On s'indigne de voir des auteurs français aussi peu respectables au point de vue moral que d'Alembert et Mirabeau employer ces termes méprisants ; ils doivent être bannis du vocabulaire des honnêtes gens.

(2) Dans ses lettres privées à Lalouère, Pascal dit exactement le contraire de ce qu'il imprime sur cet auteur dans l'histoire de la cycloïde (Voir REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1879, t. V, pp. 693-698 : *Mélanges. Fragments inédits de Pascal).*

appliquée sans correctifs, fait plus de mal que de bien. Les *Pensées* font du bien à ceux-là seulement qui, inconsciemment ou non, les corrigent dans le sens des annotations de Didiot. Elles font du mal à ceux qui, comme Bertrand, Sully-Prudhomme, Goethe, les interprétant dans le sens janséniste, les trouvent insuffisantes comme preuves du christianisme ou outrées en morale (1).

Heureusement que, de nos jours, son apologétique a été refaite, sous la forme la plus pénétrante et la plus fine, par un homme supérieur à Pascal comme penseur et comme écrivain, par le Cardinal Newman, dans sa *Grammar of Assent* et dans ses *Sermons* d'Oxford (23, N).

Le Concile du Vatican, dans la constitution *Dei Filius*, a mis pour toujours les catholiques instruits, à

(1) BERTRAND : « La crainte d'une éternité de tourments ne peut me laisser indifférent. Pascal, le grand Pascal, si ingénieux et si persuasif, m'enseigne à l'éviter. Il connaît la route et m'affirme qu'elle est sûre. Ses conseils lus et relus avec attention ne l'ont pas éclairée pour moi. Le flambeau ne s'est pas allumé. J'ai acquis le droit sans aucun reproche de conscience de me résigner aux ténèbres » (19, B, pp. 398-399).

SULLY-PRUDHOMME : « Quant à nous, après nous y être heurté le front en soupirant (à l'explication du mal dans l'Univers), nous attendrons avec humilité la réponse de la tombe à notre anxieuse interrogation » (20, S, p. 197).

A l'heure de la mort, Bertrand et Sully-Prudhomme ont eu heureusement d'autres lumières et d'autres consolations que celles du jansénisme.

GOETHE : « Disons une bonne fois ce que nous avons depuis longtemps sur le cœur. Voltaire, Hume, La Mettrie, Helvétius, Rousseau et tous leurs adeptes n'ont pas, à beaucoup près, nui à la morale et à la religion autant que le sévère et froid Pascal et son école » (22, G, n° 725). Cette opinion exagérée de Goethe, à l'âge de 23 ans, provient d'une part de son peu de tendance à l'ascétisme (*Ich bleibe immer der ganz sinnliche Mensch*, avouait-il lui-même en 1776 : Ib. n° 467), d'autre part de sa conception antiprotestante, et, par suite, anti-janséniste de la nature de l'homme (1774, Ib. n°s 574, 801) ; c'est de là qu'est sortie la conception du premier et du second Faust, si différent de celui de Marlowe, damné malgré son repentir. — Goethe ne connaissait ni le *Mystère de Jésus*, ni le *Mémorial*, qui ne permettent pas de parler du *froid* Pascal. Le *Mémorial* a été publié en 1740 dans le *Recueil d'Utrecht*, mais n'a été vraiment connu qu'en 1776, quand Condorcet l'a inséré dans son édition des *Pensées*. Le *Mystère de Jésus* a été trouvé par Faugère, en 1846 (1, M, t. II, p. 76 et p. 96).

l'abri des tendances fidéistes dont Pascal a infecté l'apologétique française depuis Huet jusqu'à Brunetière (25, P). « L'art et la science, dit le Concile, conduisent à Dieu, sa grâce aidant, si l'art et la science sont fidèles à leur propre méthode ». — « Si quelqu'un dit que le Dieu unique et véritable, notre Créateur et Maître, ne peut être connu avec certitude, *par la lumière naturelle de la raison humaine*, au moyen des choses qui ont été créées, qu'il soit anathème ». — « Si quelqu'un dit que la révélation divine ne peut être rendue croyable par des signes extérieurs, et que, par conséquent, les hommes ne peuvent être amenés à la foi que *par la seule expérience intérieure de chacun d'eux*, ou par l'inspiration privée, qu'il soit anathème » (1).

Pascal est-il mort janséniste ?

Depuis la découverte et la publication, en 1910, des *Mémoires* de Beurrier, par M. Ernest Jovy, professeur à Vitry-le-François, on a beaucoup discuté, en France, sur la question suivante : « Pascal, à son lit de mort, a-t-il renoncé au jansénisme, comme la Mère Angélique Arnauld ? » Oui, d'après le P. Paul Beurrier, curé de la paroisse de Pascal, Saint-Étienne-du-Mont, qui l'a souvent visité dans les six semaines qui ont précédé sa mort, qui l'a confessé plusieurs fois pendant sa dernière maladie et lui a administré le Saint Viatique et l'Extrême-Onction. Non, d'après les jansénistes du XVIIe et du XXe siècle, qui disent que Beurrier a mal compris Pascal (2).

(1) « *Right Reason*, dit Newman, *that is, Reason rightly exercised, leads the mind to the Catholic Faith* » (*Idea of an University* ; London, Pickering, 3e édition, p. 181).

(2) Sur la mort de Pascal, voir 5, P, pp. 345-419. Yves de la Brière, *L'apologétique de Pascal et la mort de Pascal* (ÉTUDES, 48e année, t. 129,

Le P. Beurrier, malgré ses inexactitudes sur d'autres faits plus anciens, inexactitudes qu'il a reconnues, n'a jamais varié sur le point essentiel. Il dit très nettement, dans trois pièces différentes, que Pascal est mort *en fort bon catholique et voulait avoir une parfaite soumission au Souverain Pontife*. Les Jansénistes prétendaient que cela n'impliquait nullement l'abandon du jansénisme, lequel admet l'obéissance extérieure au Pape, et aussi l'obéissance intérieure, mais seulement dans les limites où il exerce légitimement son autorité doctrinale.

Selon nous, ce sont ces assertions jansénistes qui auront ouvert les yeux à Pascal. Un logicien comme lui aura vu qu'en pratique, il n'y a pas de milieu entre la résistance ouverte et la parfaite soumission au Pape. Il avait cru le contraire en 1661, mais sa sœur Jacqueline en mettant en pleine lumière, dans une lettre célèbre, les inconséquences des Jansénistes, aura déterminé chez Pascal la volte-face qui a été constatée par Beurrier.

Cette volte-face est, au fond, un retour logique à une opinion antérieure de Pascal. Sur l'obéissance au Souverain Pontife, il avait en effet écrit en novembre 1656 à Mlle de Roannez : « Toutes les vertus, le martyre, les austérités et toutes les bonnes œuvres sont inutiles hors de l'Église et de la communion avec le chef de l'Église, qui est le pape. Je ne me séparerai jamais de sa communion, au moins je prie Dieu de m'en faire la grâce ; sans quoi je serais perdu pour jamais » (7, D, p. 349 ; 8, B, p. 219). L'équivalent se trouve dans la 17e provinciale qui est de la même époque (23 janvier 1657 ; 12, M, t. II, p. 296) (1).

pp. 635-656 ; n° du 5 décembre 1911). H. Bremond, *La pauvresse de Pascal* (CORRESPONDANT, t. 244, pp. 801-804 ; n° du 25 août 1911). On trouve dans ce livre et ces articles les passages principaux des écrits de Beurrier et d'Arnauld sur la question.

(1) Y avait-il des preuves de l'abandon du jansénisme sur cette question dans les papiers confiés par Pascal à Domat ? On n'en sait rien, mais l'évêque

Les arguments internes permettent aussi de conclure dans le sens favorable à Pascal, si l'on n'oublie pas le principe de sainte Thérèse : *Dieu prend les âmes à marée haute*, c'est-à-dire dans leurs bons moments.

Pascal, lors de sa première conversion (1646), comme on l'appelle, avait embrassé *intellectuellement* le jansénisme : « Sa lettre sur la mort de son père (1651), lettre ou plutôt discours cruel, thème d'imitation sec, didactique et glacé, rédigé sur les bons modèles par un élève janséniste de première année » (Bremond) mérite les dures épithètes de Goethe rapportées plus haut.

Mais dès 1654, époque du *Mémorial* et de sa seconde conversion, il est devenu vraiment pieux. Il n'achève pas d'ailleurs la campagne relative au Formulaire anti-janséniste sans constater, comme sa sœur Jacqueline, que ses amis de Port-Royal manquent de logique et de caractère. Il y a en même temps des fissures dans son jansénisme doctrinal. Dans le manuscrit des *Pensées*, tels fragments sont contraires à la cinquième proposition de Jansénius : il admet que l'infinie bonté de Dieu peut sauver les plus grands pécheurs (7, D, p. 147 et p. 228; 8, B, n° 194, p. 423, n° 435, p. 535) (1).

Un esprit logique comme celui de Pascal, une fois ébranlé, devait aboutir à un pessimisme radical ou revenir au catholicisme intégral. Les passages indiqués tendent à prouver que c'est le retour à la vraie foi catholique qui s'est produit, comme l'a dit Beurrier. L'amour de Pascal pour les pauvres, ardent et pratique, son esprit de mortification par humilité, la vraie

janséniste d'Aleth écrivait à Domat de les mettre en lieu sûr : « Il y a tout sujet de craindre qu'on n'en abuse d'une manière préjudiciable à la vérité et à la mémoire de M. Pascal » (12, M, t. II, pp. 435-436).

(1) C'est cette même pensée qui a adouci l'agonie d'Angélique Arnauld : « Faites nous miséricorde à tous... Je dis à tous, mon Dieu,... à tous. » (M. R. Monlaur, *Angélique Arnauld*, 7e édition, Paris, Plon, 1904, VIII-406 pp. voir p. 399). Paroles prononcées pendant la courte période d'apaisement qui a précédé sa mort.

piété qu'il a montrée surtout pendant sa dernière maladie, nous font croire que le temps seul lui a manqué pour rendre complet son abandon du jansénisme (1).

Il était coutumier de pareils changements de front :

(1) La situation d'âme de Pascal à la fin de sa vie, celle que révèlent le *Mémorial*, la *Prière*, plus ancienne, *pour demander à Dieu le bon usage des maladies*, et surtout le *Mystère de Jésus*, et enfin le récit de sa mort par sa sœur Gilberte, cette situation d'âme, disons-nous, a été admirablement exprimée dans une poésie de Madame Ackermann.

« Ces vers devaient faire partie du poème intitulé *Pascal* dans les *Poésies philosophiques* (1874). Ernest Havet, auquel ils furent communiqués, dissuada l'auteur de les y conserver, et ils furent remplacés dans le poème par un morceau d'une inspiration moins heureuse. Le fragment primitif, qui n'était qu'un premier jet, nous a été heureusement conservé et a été publié par M. d'Haussonville dans un article sur Madame Ackermann » (10, G, p. 14).

Cet article a paru dans la REVUE DES DEUX MONDES du 15 novembre 1891 ; (Troisième période, t. CVIII, pp. 318-352 ; voir aussi pp. 941-944).

Nous reproduisons ces beaux vers trop peu connus, vraiment dignes de Pascal par la vigueur pénétrante du style. L'auteur suppose que Pascal a une vision de Jésus en croix sur le Calvaire. « High above all civilisations rises the green hill (of Calvary), with the beacon of the crucifix, far-seen and radiant in the dark night giving out unobscured light ; it is the sole harbour of tempest-tossed humanity » (FABER, *Notes on doctrinal and spiritual subjects*, London, Richardson and Son, Second Edition, 1872, vol. I, p. 239). La poésie de Madame Ackermann semble un commentaire bien inattendu de cette pensée du grand écrivain anglais.

Au retour du combat tout couvert de morsures,
Et songeant au péril qu'il venait de courir,
Quand le lutteur comptait et sondait ses blessures
Et qu'il se demandait s'il n'allait pas mourir,
Il n'avait qu'à jeter vers la hauteur céleste 5
Du fond de sa détresse un regard attristé
Pour sentir tant de trouble et de langueur funeste
Se changer en espoir, en bonheur, en clarté.
Comme un point lumineux qu'en vain le brouillard voile
Dans le lointain brumeux, sous un ciel sans étoile, 10
Il avait vu reluire un phare ensanglanté :
La Croix ! Elle était là sur la sainte colline,
Mais visible aux seuls yeux qu'elle veut éclairer,
O Pascal ! Sa lueur te cherche et t'illumine,
Tu ne peux plus dès lors périr ni t'égarer. 15
Tout est clair et certain, point d'erreur, point de doute,
Sans arrêt désormais, vers ton but assuré
Marche résolument, car tu connais la route
Et te voilà déjà sur le sommet sacré.

En physique, il a passé de la théorie de Galilée à celle de Torricelli. En mathématiques, il a développé, pour le calcul des probabilités, la méthode de Fermat que d'abord il n'avait pas comprise, plus que la sienne propre, pourtant plus profonde. Sur la grâce, il a abandonné, dans les deux dernières *Provinciales*, la

Oui, c'est bien le calvaire, et la croix le domine, 20
Portant un Dieu mourant et couronné d'épine,
Qui d'un étrange éclat brille dans sa pâleur.
O douloureux flambeau, lumineuse victime !
Tous les rayons partis de ce foyer sublime,
Pascal, avec amour convergeaient vers ton cœur ; 25
Et ce cœur s'attendrit, il se plonge, il se baigne
Dans la clarté divine, en plein ravissement ;
Cette place où l'on souffre, où l'on pleure, où l'on saigne,
Devient un lieu d'ivresse et d'éblouissement.

PASCAL

J'aime, je sais, Amour, Certitude, Allégresse ! 30
Vous êtes le Seigneur et je me sens aimé !
Que je vous ai cherché dans mes jours de détresse !

JÉSUS

Mon fils, quand on me cherche, on m'a déjà trouvé.
Ma tendresse à son tour t'attend et te réclame,
De toute éternité j'ai convoité ton âme ; 35
Tu n'étais pas encor que je t'avais sauvé.
Combien tu m'occupas pendant mon agonie !
Cette goutte de sang, je la versai pour toi.

PASCAL

O divine Bonté ! Prescience infinie !
J'ai sans peine, Seigneur, reconnu votre main. 40
Vous la vouliez pour vous, cette pauvre insensée,
Qui, sur de vils objets égarant sa pensée,
De honte et de douleur serait morte en chemin.
Pour la mieux retenir, vous avez autour d'elle
Serré les durs liens de cette chair mortelle, 45
Vous les avez tordus en des nœuds douloureux.
La Matière et l'Esprit dans une créature
N'avaient jamais souffert des tourments plus affreux.
Vous m'avez réservé cette double torture,
Deux assauts à la fois sans trêve ni merci. 50
Ah ! qu'il fallait m'aimer pour me frapper ainsi !

JÉSUS

Je n'aime qu'ardemment et veux qu'on me ressemble,
Mettons donc nos tourments, nos angoisses ensemble.
Je t'ai donné mon sang, accorde-moi tes pleurs.

thèse défendue dans les premières. Mourant, il rejette la thèse janséniste de l'insuffisance de la rédemption, et admet l'autorité du Pape.

Il n'y a pas d'unité dans la vie scientifique, morale et religieuse de Pascal ; mais il y a mieux : élargissement et progrès ; on ne peut pas dire de lui *qualis ab incepto*, mais *excelsior !* ce qui est préférable.

PAUL MANSION.

Partout où m'a blessé l'aiguillon des douleurs, 55
Qu'un stigmate éternel sur ton âme s'imprime.
Par les mêmes bourreaux, oui, laissons-nous meurtrir ;
Ne formons à nous deux qu'une seule victime :
C'est en toi que je veux achever de souffrir !

PASCAL

Pour prendre de plus près ma part de ce martyre, 60
Sur votre sein divin laissez-moi me pencher.
La plus saignante plaie est celle qui m'attire ;
C'est par elle, Seigneur, que je veux vous toucher.
Mon Sauveur est à moi, plutôt il me possède ;
De son sang précieux que je sois arrosé 65
Et que j'épanche enfin cette soif qui m'obsède ;
Dans le même calice où sa lèvre a posé,
Que je puise l'amour et le goût des supplices.
Ah ! que cette amertume est douce à savourer !
Vase que je saisis avec tant de délices, 70
Je ne te rendrai pas, car je veux m'enivrer.

Et le ciel s'ouvre alors et l'extase commence.
Du pied de la croix même il sort un fleuve immense,
Où ceux qui sont élus n'ont jamais surnagé ;
Dans ce torrent de grâce et de miséricorde, 75
En délire et d'un bond le chrétien s'est plongé.
Sur son cœur éperdu le flot monte et déborde.
Amour, amour partout ! il reste submergé. (*)

28 mai 1871

(*) Sur les vers 30-32, voir le *Mémorial ;* sur 33-38, le *Mystère de Jésus ;* sur 59, la *Prière pour demander à Dieu le bon usage des maladies*, § XV, et S. Paul, *Ép. aux Colossiens*, I, 24. Au vers 74, nous avons remplacé par le mot *élus* le mot *tombés* qui donne un sens singulier [ceux qui sont tombés dans la superstition y restent] ; le mot *élus* conduit à une interprétation d'accord avec le reste de la poésie : Pascal est complètement plongé dans la grâce du Christ, et sauvé.

NOTES BIBLIOGRAPHIQUES

Nous ne citons qu'un nombre relativement petit d'ouvrages généraux ou spéciaux sur Pascal, les *Pensées*, les *Provinciales*, les travaux scientifiques de Pascal, sur Newman et sur l'apologétique en général. On pourra trouver dans ces ouvrages les éléments d'une bibliographie pascalienne très complète. Les plus importants sont (7, D) (12, M) (18, Th).

I. (1, M). MAYNARD. *Pascal, sa vie et son caractère, ses écrits et son génie* (Paris, Dezobry et Magdeleine, 1850 ; 2 vol. de 520 et 512 pp. in-8°).

(2, G). V. GIRAUD. *Pascal, l'homme, l'œuvre, l'influence* (Paris, Fontemoing, 3me édition, 1905, XIV-101 pp. in-12).

(3, G). V. GIRAUD. *La philosophie religieuse de Pascal et la pensée contemporaine* (Paris, Bloud et Cie, 1904 ; 64 pp. in-12).

(4, J). E. JANSSENS. *La philosophie et l'apologétique de Pascal* (Louvain, Institut supérieur de Philosophie ; Paris, Alcan, 1906 ; XI-396 pp. in-12). Nous ne citons cet ouvrage que comme complément des deux précédents.

(5, P). H. PETITOT. *Pascal, sa vie religieuse et son apologie du christianisme* (Paris, Beauchesne et Cie, 1911 ; 427 pp. in-8°).

II. 6, F). J.-M.-F. FRANTIN. *Pensées rétablies suivant le plan de l'auteur, d'après les textes originaux accompagnés des additions et des variantes de Port-Royal.* Deuxième édition (Paris, Lagny Frères, 1853 ; L-545 pp. D'après 2, G, p. 134, aussi [texte de Port-Royal] en 1835, puis en 1870). Cette édition faite avec grand soin, mais sans notes critiques sur les erreurs de Pascal au point de vue philosophique et théologique, est l'un des premiers essais de restitution du plan de l'auteur et a été utilisée par ceux qui ont tenté la même entreprise après Frantin.

(7, D). J. DIDIOT. *Pensées de Blaise Pascal ; documents sur sa vie ; principaux opuscules.* Édition coordonnée et annotée (Lille et Tournay, Desclée, De Brouwer et Cie, 1896, VIII-399 pp.).

C'est la seule bonne édition des *Pensées* au point de vue philosophique et théologique. Didiot (1840-1903) qui a longtemps été professeur de théologie à l'Université catholique de Lille (1877-1903), a fait de son édition une puissante esquisse d'apologétique chrétienne : il utilise, en effet, les faits psychologiques et historiques vrais mis dans un relief si saisissant par Pascal et, dans ses annotations, il réfute les assertions jansénistes qui y sont mêlées. Didiot a fait sur l'apologétique, telle que Pascal l'a conçue, une remarque essentielle qui explique les variations de plan dont tant de traces sont restées dans les *Pensées* et dans d'autres documents : « Pascal, dit Didiot (p. VII), voulait établir la divinité de l'Église et la divinité du jansénisme », ce qui est évidemment « une chimère irréalisable ». Un logicien comme Pascal ne pouvait arriver à établir à la fois ces deux propositions inconciliables ; il était donc réduit à remanier sans cesse le plan de son livre et, en attendant, à tailler des pierres pour un édifice qu'il ne pouvait achever tant qu'il restait janséniste.

(8, B). L. Brunschwicg. *Blaise Pascal. Pensées et Opuscules* (Paris, Hachette et Cie, troisième édition, 1904, IV-807 pp. in-18). Les *Pensées* sont assez bien distribuées en quatorze sections sous 924 numéros. Il y a une bonne table de concordance avec les manuscrits et les éditions de Port-Royal, de Bossut, Faugère, Havet, Molinier, Michaut. L'éditeur a conservé le même ordre et le même numérotage dans sa grande édition critique des *Pensées* (Paris, Hachette, 1904 ; trois vol. in-8°) L'introduction où Brunschwicg apprécie les *Pensées* n'a pas grande valeur, parce qu'il ne connaît pas suffisamment la doctrine catholique

(9, G ; 10, G). V. Giraud. *Pascal. Pensées* (Paris, Bloud et Cie, 1907 ; troisième édition ; 176 pp. in-12). *Pascal. Opuscules choisis* (Paris, Bloud et Cie, 1907 ; quatrième édition, 80 pp. in-12). Ce choix des *Pensées* et *opuscules* serait parfait, si Giraud avait emprunté à Didiot sa classification et ses notes rectificatives principales au point de vue philosophique et théologique. La classification de Giraud est celle de Brunschwicg. L'introduction, l'avertissement, la note préliminaire de 9, l'avant-propos de 10 et les annotations des deux volumes complètent les ouvrages (3, G, 4, G) indiqués plus haut.

(11, P). Sur le péché originel, les lecteurs des *Pensées* doivent étudier sérieusement, dans un cours de théologie tel que les *Praelectiones theologicae* de Peronne, ouvrage souvent réimprimé (par exemple, à Louvain, chez Fonteyn, en 1846 ; deux vol. in-8° de 520 et 466 pp.), la troisième partie *(De homine)* du Traité *De Deo creatore*. Sans un guide de ce genre, les critiques littéraires les plus consciencieux ne peuvent bien apprécier les *Pensées*, pas plus que les *Provinciales*. On peut en dire autant des purs philosophes.

III. (12, M). Maynard. *Les Provinciales*, publiées sur la dernière édition revue par Pascal avec les variantes des éditions précédentes et leur réfutation consistant en introductions et nombreuses notes historiques, littéraires, philosophiques et théologiques (Paris, Didot, 1851 ; deux vol. de XXVII-445 et 479 pp.).

(13, W). Dr K. Weiss. *P. Antonio de Escobar y Mendoza als Moraltheolog* in Pascals Beleuchtung und im Lichte der Wahrheit. Auf Grund der Quellen (Fribourg en Brisgau, Herder, 1911 ; 336 pp. in-8°).

(14, B). Sur les questions relatives à la grâce, traitées si superficiellement dans les *Provinciales* 1, 2, 3, 17, 18, voir le n° 11 et l'ouvrage suivant : L. Billot, S. J *De gratia Christi et libero hominis arbitrio* (Romae, ex officina polygraphica editrice, 1908 ; un vol. in 8° de 165 pp.).

(15, B). Sur la théologie morale et son histoire, voir Bouquillon, *Theologia moralis fundamentalis* (Bruges, troisième édition, VIII-743 pp. in-8°).

IV. (16, P). *Œuvres scientifiques de Pascal* (Tome II, pp. 173-640 de l'édition Lahure des *Œuvres complètes de Pascal*. Paris, Hachette et Cie, 1858).

(17, D). Desboves. *Étude sur Pascal et les géomètres contemporains* (Paris, Delagrave, 1878 ; in-8° de III-175 pp.). Desboves analyse superficiellement les travaux de physique de Pascal, assez bien les recherches mathématiques, mais sans les mettre en rapport avec celles de ses contemporains, comme Grégoire de Saint-Vincent et Tacquet, et sans rien connaître des écrits des mathématiciens sur le triangle arithmétique bien antérieurs à Pascal.

(18, Th). J. Thirion, S. J. *Pascal, l'horreur du vide et la pression atmosphérique* (Louvain, Ceuterick, 1908-1909 ; 182 + 58 pp. in-8°. Extrait de la *Revue des Questions scientifiques*, 1907, 1908, 1909, troisième série, t. XII,

pp. 383-451 ; t. XIII, pp. 149-251 ; t. XV, pp. 149-200). Cette monographie est vraiment fondamentale sur les travaux de physique de Pascal. On y trouve tous les passages essentiels relatifs à la question de l'explication des phénomènes que présente la colonne barométrique, en particulier, la découverte de l'élasticité de l'air de Roberval. On ne connaît celle-ci que depuis la publication de l'ouvrage : *Œuvres de Blaise Pascal publiées suivant l'ordre chronologique avec documents complémentaires, introductions et notes* par Léon Brunschwicg et Pierre Boutroux (Paris, Hachette, 1908, in-8° ; tome premier, LXVII-406 pp. ; t. II, 574 pp. ; t. III, 600 pp.). L'ouvrage ne va que jusqu'au Mémorial du 23 nov. 1654, exclusivement. Il fait partie de la Collection *Les grands écrivains de la France*.

V. (19, B). BERTRAND. *Blaise Pascal* (Paris, Calmann-Lévy, 1891 ; XIV-401 pp. in-8°).

(20, S). SULLY-PRUDHOMME. *Pascal* (*Revue bleue*, cinquième série, t. III, 129-133 ; 161-165 ; 193-197 ; 4, 11, 18 février 1905). Articles reproduits dans le n° 21.

(21, S.). SULLY-PRUDHOMME *La vraie religion selon Pascal*, recherche de l'ordonnance purement logique de ses pensées relatives à la religion, suivie d'une analyse du Discours sur les passions de l'amour (Paris. F. Alcan. 1905 ; X-444 pp. in-8°). Le P. Longhaye, dans son bel ouvrage : *Dix-neuvième siècle, Études littéraires*, a très bien montré tout le mal que les *Pensées* de Pascal lues sans correctif ont fait à Sully-Prudhomme.

(22, G.). GOETHES *Selbstzeugnisse über seine Stellung zur Religion und zu religiös-kirchlichen Fragen* zusammengestellt von Th. Vogel (Leipzig, Teubner, 1900 ; VI-242 pp. in-12°).

VI. (22, N). L'édition uniforme des *Œuvres* de Newman (chez divers libraires. Pickering, Longmans, etc.) renferme 38 volumes (Sermons 12, histoire 7, philosophie, apologétique et enseignement 2, théologie 10, poésie, biographie, lettres et récits 6, méditations 1) ; deux autres volumes, *My campaign in Ireland*, *Stray essays*, ne sont pas dans le commerce et ne peuvent se trouver que chez les héritiers de Newman. Les principaux ouvrages de Newman sont traduits en français. Il existe un choix d'extraits de Newman extrêmement bien fait par W. S. Lilly, sous le titre *Characteristics from the writings of J. H. Newman* (London. Kegan, Trench and Co, 1882 ; sixième édition, XVI-447 pp. in-12°). Le style de Newman est toujours adéquat à la pensée et en rend toutes les nuances ; aussi y a-t-il dans presque tous ses ouvrages des pages inoubliables ; par exemple, de la plus profonde pénétration, sur la messe dans *Loss and Gain* ; d'autres vraiment terribles sur les dangers de la vie mondaine dans les *Sermons aux Congrégations mixtes*, etc. *Lead kindy Light* et le *Dream of Gerontius* comptent parmi les poésies les plus belles de la langue anglaise.

(24, D.). Sur l'apologétique de Newman, voir le solide essai du R. P. DE GROOT, O. P. *De Geloofsphilosophie von Cardinal John Henry Newman* (*Katholiek*, 1899, pp. 182-214 ; 295-326 ; 482-504). Il est reproduit avec des additions dans ses *Denkers van onzen Tijd* (Amsterdam, Veen en Van Langenhuysen, 1910, petit in-4° de IX-328 pp.), pp. 231-318. Le livre sur le même sujet de H. BREMOND. *Newman. Psychologie de la foi*. Ouvrage couronné par l'Académie française (Paris, Bloud et Cie. 4e édition, 1907 ; 362 pp. in-12), est superficiel et sans valeur.

VII. (25, P.). Sur la première constitution du Concile du Vatican, voir dans les *Œuvres complètes*, ou dans les *Œuvres choisies* de Mgr Pie, l'*Instruction synodale* du savant évêque de Poitiers (*Œuvres choisies*, Paris et Poitiers, Oudin, 1878, pp. 505-602), aussi publiée à part en brochure.

(26, D.). Sur l'apologétique, signalons les deux ouvrages suivants : De Groot, O. P. *Summa apologetica de Ecclesia ad mentem S. Thomae Aquinatis* (Ratisbonne, Manz, 2de éd. 1693 ; in-8° de XVII-822 pp. avec une planche). Il existe une 3me édition.

(27, d.). E. A. de Poulpiquet, O. P. *L'objet intégral de l'apologétique* (Paris, Bloud et Cie, 1912 ; IV-565 pp. in-12). Dans son premier chapitre, le R. P. de Poulpiquet malmène trop les auteurs de traités d'apologétique qui délimitent autrement que lui l'objet de cette science. Au début, il introduit son réquisitoire contre ces auteurs en citant une page, incohérente d'ailleurs, empruntée à un impie, Ad. Harnack !

La notion et la mesure de la force

spécialement à propos de

la gravitation universelle

Quand, par une action directe et personnelle sur un corps, nous produisons le mouvement de ce corps, nous avons conscience de l'effort que nous faisons pour obtenir le déplacement dont il s'agit. Nous admettons, par une extension naturelle, que les autres hommes et les animaux ne déplacent pas davantage les corps à leur portée sans exercer un certain effort, auquel nous attribuons le déplacement comme à sa cause immédiate.

Cet effort, extérieur au corps déplacé, plus généralement, cette cause immédiate du mouvement, constitue ce qu'on appelle, dans le langage ordinaire, une *force*.

Quand une roue hydraulique ou une turbine se meut sous l'influence d'une certaine quantité d'eau, quand le gaz ou la vapeur met en mouvement la machine à gaz ou la machine à vapeur, nous admettons encore que le mouvement de la roue, de la turbine, de la machine à gaz ou de la machine à vapeur est dû à une cause extérieure au corps déplacé, ou, comme on le dit, à une force : cette force est alors exercée par l'eau, le gaz, la vapeur.

Le fil à plomb fournit la direction de la *verticale* ou de la *pesanteur*. Cette direction de la verticale ou de la pesanteur est souvent considérée comme étant celle de l'attraction terrestre sur la masse pesante qui termine

le fil à plomb dans la position du repos, mais cela n'est vrai que dans une première approximation (1).

On admet généralement qu'un corps, supposé réduit à un point, abandonné librement, sans vitesse initiale, à l'action de la pesanteur, doit décrire une droite qui n'est autre que la verticale (2).

Nous avons dit à dessein « un corps abandonné *librement, sans vitesse initiale*, à l'action de la pesanteur », parce que, si le corps n'est pas libre ou s'il a une vitesse initiale, l'effet de la pesanteur, tel que nous venons de le définir, peut ne pas se produire : si le corps n'est pas libre, le corps peut, par exemple, rester au repos, et cela malgré l'action de la pesanteur, et si le corps a une vitesse initiale (comme c'est le cas pour le projectile d'une arme à feu), la trajectoire dépend de cette vitesse

(1) En réalité, il est plus exact de dire, en se servant de termes généralement connus, et que cet article a pour objet de préciser, que la direction du fil à plomb au repos, ou, ce qui est la même chose, de la verticale en un lieu, est la direction de la résultante de l'attraction terrestre en ce lieu et de la force centrifuge correspondante à la rotation diurne de notre globe autour de son axe : c'est cette résultante qu'il vaut mieux appeler la *pesanteur*. Dans certains cas particuliers extrêmement rares, on veut avoir plus d'exactitude encore et l'on va jusqu'à chercher à déterminer les déviations de la verticale résultant des attractions de la Lune et du Soleil, c'est-à-dire des corps célestes ayant sur les masses à la surface de la Terre la plus grande influence.

Ainsi que bien d'autres nous avons examiné brièvement (cf. notre article dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. XXXVI, 1911-1912, 2e partie) les effets de cette attraction luni-solaire sur les corps à la surface de la Terre et nous y reviendrons peut-être dans un prochain article. Ici, nous n'en dirons pas davantage.

Inutile sans doute de faire remarquer que la note actuelle a simplement pour objet de fixer les idées et qu'au lieu d'être nécessaire pour la suite de cet article, elle en est une conséquence.

(2) La théorie fait conclure que la trajectoire n'est pas rectiligne, mais qu'il y a une déviation vers l'Est et une plus faible vers le Sud ; ces déviations sont dues à ce qu'on appelle la force centrifuge composée. Pour l'intelligence de cet article, il n'est pas nécessaire de s'arrêter à cette notion, pas plus qu'à celle de la force centrifuge dont il a été question dans la note précédente.

L'expérience confirme la déviation vers l'Est, mais il n'en est pas de même de la déviation vers le Sud : théoriquement moins sensible, celle-ci n'a pu être mise en évidence, les conditions théoriques n'étant pas elles-mêmes aisées à réaliser.

initiale, en même temps que de la pesanteur et des autres forces qui peuvent intervenir avec elle.

La notion vulgaire de la force est insuffisante pour les besoins de la science, voire même pour les besoins de l'industrie et des transactions commerciales.

Pour faire connaître la manière dont la dynamique (1) a précisé et généralisé la notion de la force, rien de mieux, pensons-nous, que d'exposer comment on peut arriver, en partant de l'observation, à la relation que nous établirons au chapitre III et qui, traduite en langage ordinaire, est devenue la grande loi de l'attraction planétaire. A elle seule, cette relation régit les mouvements des centres des planètes et du Soleil, mouvements dont l'étude fait l'objet essentiel de la mécanique céleste. Généralisée, la même relation est à la base de toute la mécanique terrestre.

Nous commencerons par quelques considérations préliminaires (2), nous rappellerons les unités de mesure les plus en usage et, pour finir, nous dirons notre avis au sujet de la force et du mouvement absolu des métaphysiciens.

I. CONSIDÉRATIONS PRÉLIMINAIRES

L'observateur qui, par une belle nuit, contemple le ciel est frappé tout d'abord par un mouvement d'ensemble de tous les corps célestes. Ce déplacement

(1) Cf. Émile Picard, *Quelques réflexions sur la mécanique suivies d'une première leçon de dynamique*. Paris, Gauthier-Villars, 1902. — Ernest Mach (traduction Bertrand), *La mécanique*, avec préface d'Émile Picard. Paris, A. Hermann, 1904.

(2) Ces considérations tout élémentaires sont familières à la plupart de nos lecteurs ; qu'ils nous excusent d'y revenir. Parmi ceux qui nous lisent, quelques-uns n'ont pas acquis ou peuvent avoir perdu la conception claire des notions de vitesse et d'accélération qui est indispensable pour l'intelligence de la suite de cet article.

correspond à une rotation autour d'un axe passant par l'œil de l'observateur ; il constitue ce qu'on appelle le *mouvement diurne*, parce que la rotation est complète au bout d'un jour.

Pour l'expliquer, le plus simple est d'attribuer ce déplacement à une rotation en sens inverse de la Terre elle-même, autour d'une droite passant par l'œil de l'observateur ou, plus rigoureusement, par le centre de notre globe.

Les étoiles sont extrêmement éloignées de nous, au point qu'il faut à la lumière qui franchit cependant près de 300.000 kilomètres à la seconde environ deux ans et demi pour nous arriver de l'étoile la plus rapprochée, une étoile de 13e grandeur de la constellation du Centaure ; et qu'il faut même des siècles pour que la lumière émise par certaines d'entre elles arrive jusqu'à nous. C'est par suite de leur éloignement que les étoiles ne nous apparaissent jamais, même dans les lunettes, que comme de simples points lumineux. C'est aussi pour ce motif qu'elles paraissent rester à des distances invariables les unes des autres, cela, depuis les temps les plus reculés. Quand on ne fait pas de l'astronomie stellaire, il est permis de supposer que ces distances angulaires des étoiles restent tout à fait invariables ; ce n'est là qu'une première approximation, mais elle suffit pour le but essentiel que nous poursuivons.

On se fera une idée plus exacte de leur éloignement et en même temps de l'isolement du système solaire dans l'espace, en se rappelant que, pour traverser le système solaire de part en part, d'un point de l'orbite de Neptune, la planète la plus éloignée du Soleil, au point diamétralement opposé, la lumière ne met que 2 h. 24 m. Aussi les planètes nous apparaissent-elles sous un diamètre sensible. Comme elles sont à peu près sphériques, nous les supposerons dans la suite, pour

plus de simplicité, réduites à leurs centres respectifs. Ces centres, nous les regarderons comme des points matériels, c'est-à-dire comme des points géométriques jouissant des propriétés de la matière. Il en sera de même du Soleil, que nous réduirons aussi à son centre.

En mécanique, les étoiles jouent un rôle tout à fait fondamental : elles constituent des phares lumineux, des points de repère fixes, les mêmes en tout temps et pour tous les observateurs, quelle que soit leur position : les étoiles sont donc souvent un moyen précieux d'étudier le mouvement des autres corps.

Un mouvement étant un changement de position et tout changement de position d'un corps n'étant défini que par rapport à un autre corps, on n'observe jamais directement, en mécanique ou ailleurs, que des mouvements relatifs. On rapporte toujours le mouvement à un *solide*, c'est-à-dire à un ensemble de points restant à des distances invariables les uns des autres. Donc un point matériel est en *mouvement* quand sa position, par rapport à un solide, pris comme solide de repère, varie avec le temps.

Généralement on remplace le solide de repère par trois axes rectangulaires passant par le même point et invariablement liés à ce solide. Alors la position du point en mouvement est, à chaque instant, déterminée par ce qu'on appelle ses *coordonnées*. La *trajectoire* du mobile est la ligne, droite ou courbe, lieu géométrique des positions du point. La trajectoire dépend essentiellement du solide ou des axes de repère.

Les notions de vitesse, d'accélération, de force, fondamentales pour notre objet, sont des grandeurs qu'on représente géométriquement par des portions de droite, ayant chacune une origine (ou point de départ), une direction, un sens et une longueur déterminés. Une telle portion de droite, commençant au point M et finissant

au point P, dirigée suivant MP, comptée de M vers P et ayant une longueur MP, constitue ce qu'on appelle un *vecteur*. Quand deux vecteurs, MP_1, MP_2, ont une même origine M, la *somme géométrique* des deux vecteurs est, par définition, en grandeur, direction et sens, la diagonale MR_1 du parallélogramme construit sur MP_1 et MP_2 comme côtés. Quand trois vecteurs MP_1, MP_2, MP_3, ont une même origine M, la *somme* de ces vecteurs est, par définition, la diagonale MR du parallélogramme construit sur le troisième vecteur MP_3 et le vecteur MR_1, comme côtés, où MR est déjà lui-même la somme de MP_1 et MP_2. On voit immédiatement comment, de proche en proche, on trouverait la somme d'un plus grand nombre de vecteurs. Cette somme est appelée la *résultante* des vecteurs.

Les vecteurs utilisés pour former la somme ou la résultante, sont appelés les *vecteurs composants*.

Dans la principale application que nous aurons à faire de ces considérations, les vecteurs en cause seront des forces, appliquées au centre des planètes : la somme de ces forces ou leur résultante s'obtiendra par le procédé qui vient d'être indiqué.

Nous avons dit que la trajectoire suivie par un mobile est rectiligne ou curviligne, et nous la considérons comme donnée. Appelons M la position du mobile sur cette trajectoire à l'époque t.

La *vitesse* du mobile à l'instant t est représentée géométriquement par un vecteur Mv ayant pour *origine* le point M et qui est *dirigé* suivant la tangente à la trajectoire en ce point. La vitesse au point M a le *sens* du mouvement du mobile à partir de ce point.

Tout le monde se fait une idée exacte de la *grandeur* de la vitesse dans un cas particulier, celui d'un mouvement rectiligne uniforme ; tout le monde sait, par exemple, ce que l'on veut dire quand on dit d'un train qu'il roule à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure.

La notion de la grandeur de la vitesse d'un point dans le cas d'un mouvement rectiligne non uniforme ou dans le cas d'un mouvement curviligne n'est que l'extension de cette même notion que possède d'instinct tout homme cultivé lorsqu'il s'agit du mouvement rectiligne uniforme.

Pour définir, dans le cas général, la *grandeur* de la vitesse du mobile à l'époque t, donc quand ce mobile est dans la position M, considérons les positions successives M', M'',.., que le mobile occupe respectivement aux époques t', t'',..; les époques t, t', t'',... sont, si l'on veut, des dates comptées à partir d'une certaine origine t_0. Pendant l'intervalle de temps $t' - t$, le mobile parcourt le chemin MM' ; pendant l'intervalle de temps $t'' - t$, il parcourt le chemin MM'', et ainsi de suite.

Appelons, d'une façon générale, τ les intervalles $t' - t$, $t'' - t$,... comptés à partir de l'instant t où le mobile passe en M. Appelons de même, d'une façon générale, σ le chemin Mμ parcouru par le mobile à partir du point M, pendant l'intervalle de temps τ. La quantité σ, qui est une longueur, et la quantité τ, qui est un intervalle de temps, peuvent aussi être considérées comme des nombres, une fois qu'on s'est donné l'unité de longueur et l'unité de temps ; σ est alors la mesure du chemin Mμ parcouru sur la trajectoire à partir du point M, et τ est la mesure de l'intervalle de temps correspondant.

Par définition, le rapport $\frac{\sigma}{\tau}$ du nombre σ au nombre τ est la grandeur moyenne de la vitesse ou la *vitesse moyenne*, à partir du point M et pendant l'intervalle de temps τ.

Quand on considère successivement des intervalles de temps τ diminuant à partir d'une certaine valeur qu'on lui a d'abord attribuée, σ diminue aussi, mais il n'en est pas nécessairement de même du rapport $\frac{\sigma}{\tau}$,

de sorte que la vitesse moyenne à partir d'un point donné M dépend, en général, de l'intervalle de temps τ que l'on considère. Et nous avons le sentiment que cette vitesse moyenne se rapproche d'autant plus de la vitesse exacte, confusément entrevue, que l'intervalle de temps τ est plus court. Dès lors, par une définition naturelle, *la grandeur de la vitesse* du mobile à l'instant t est la valeur que prend le rapport $\frac{\sigma}{\tau}$ à la limite, c'est-à-dire quand τ est égal à zéro. Alors σ est aussi égal à zéro ; mais il n'en est pas nécessairement de même du rapport $\frac{\sigma}{\tau}$, qui peut acquérir, au contraire, une autre valeur parfaitement définie. En d'autres termes, si l'on désigne par v le nombre qui est la mesure de la vitesse, on a, par définition,

$$v = \lim \frac{\sigma}{\tau}.$$

On prend ordinairement sur la trajectoire un point M_0 à partir duquel on compte les positions du mobile aux diverses époques et l'on désigne généralement par s l'arc M_0M compté, dans un sens convenu, du point origine M_0 à la position M qu'occupe le mobile à l'époque t. La quantité que nous avons désignée par τ, appelons la Δt et celle qui a été désignée par σ, appelons la Δs. La lettre Δ, mise devant une autre lettre, indique donc la différence entre deux valeurs infiniment voisines attribuées à la quantité représentée par la lettre qui suit, l'expression « valeurs infiniment voisines » signifiant des valeurs qui s'écartent de moins en moins l'une de l'autre jusqu'à se confondre à la limite.

Par suite, $\frac{\sigma}{\tau} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ et $v = \lim \frac{\Delta s}{\Delta t}$.

Cette limite, on la désigne par $\frac{ds}{dt}$, de sorte qu'on a définitivement :

$$v = \frac{ds}{dt}.$$

Pour calculer numériquement cette valeur de v, on doit connaître la loi suivant laquelle la trajectoire est parcourue par le mobile, ce qui revient à dire qu'on doit connaître s en fonction de t.

Passons à la notion d'*accélération*, qui se fonde elle-même sur celle de la vitesse.

Reprenons le cas du mobile parcourant sa trajectoire. Soit donc v la vitesse au point M, donc à l'époque t : cette vitesse se représente par un vecteur Mv, compté à partir du point M, tangent à la trajectoire en ce point, dirigé dans le sens du mouvement et ayant une grandeur qui est déterminée par le calcul, comme il a été dit.

Appelons de même v' la vitesse à l'époque t', donc quand le mobile est en M', v'' la vitesse à l'époque t'', donc quand le mobile est en M'', et ainsi de suite ; la vitesse v' est représentée géométriquement par un vecteur partant du point M', tangent à la trajectoire en ce point, ayant le sens du mouvement à l'instant t' et sa grandeur est déterminée par le calcul. Il en est de même des vitesses v'',...

Cela étant, traçons, par le point M, un vecteur Mv' parallèle à v', de même sens et de même grandeur et formons le parallélogramme qui a pour *diagonale* Mv' et dont l'un des côtés est Mv.

L'autre côté, avec M comme origine, est un vecteur qui peut être considéré comme représentant géométriquement $v' - v$. Cet autre côté représente en effet la variation en grandeur, direction et sens, subie par la vitesse, à partir de la date t, pendant l'intervalle de

temps $t' - t$. Appelons maintenant, comme tantôt, Δt cet intervalle de temps et désignons par Δv le vecteur $v' - v$: $\overline{\Delta v}$ représente donc, en grandeur, direction et sens, la variation de v au bout du temps Δt. Sur la direction du vecteur $v' - v$ ou $\overline{\Delta v}$, considérons un vecteur partant aussi de M, de même sens, mais ayant pour grandeur $\frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t}$: ce nouveau vecteur représente, en grandeur, direction et sens, *l'accélération moyenne* du mobile correspondante à l'intervalle de temps Δt.

Quand Δt est choisi de plus en plus petit, le vecteur, $\frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t}$ varie lui-même en grandeur, direction et sens ; le vecteur Δv diminue indéfiniment, mais il n'en est pas nécessairement de même de $\frac{\Delta v}{\Delta t}$. A la limite, c'est-à-dire quand $\Delta t = 0$, le rapport $\frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t}$ acquiert une valeur limite, qui n'est pas nécessairement nulle, mais qui dépend, en définitive, des conditions dans lesquelles le mobile se déplace sur sa trajectoire. Cette valeur limite de $\frac{\Delta v}{\Delta t}$, on l'appelle $\frac{\overline{dv}}{dt}$ ou j. C'est *l'accélération* à l'époque t. On voit, par ce qui précède, que l'accélération est représentée par un vecteur Mj, partant du point M, ayant une direction, un sens et une grandeur déterminés.

Quand la trajectoire est rectiligne, le vecteur v est dirigé suivant la même droite que le vecteur v et il en est de même du vecteur $v' - v$. Quand il en est ainsi, on pose $v' - v = \Delta v$, sans surmonter cette expression d'un trait horizontal, dont la présence, dans le cas général, a pour objet de rappeler que le vecteur qui représente géométriquement la différence $v' - v$ n'a

pas la direction du vecteur c. Dans le cas particulier du mouvement rectiligne, l'accélération à l'époque t est donc représentée par un vecteur dirigé suivant la trajectoire rectiligne et qui a pour grandeur $\frac{dv}{dt}$.

On voit par là que $\frac{dv}{dt}$ est ce que devient $\frac{dv}{dt}$ quand la trajectoire, au lieu d'être curviligne, est simplement rectiligne. C'est ce qu'on exprime encore en disant que, dans le cas général, l'accélération j, outre une composante tangentielle égale à $\frac{dv}{dt}$, comprend aussi une composante normale (1).

Au chapitre III, qui sera le dernier et qui constitue notre but essentiel, nous verrons comment, connaissant les lois de Kepler, on déduit une formule très simple fournissant l'accélération d'une planète par rapport au système d'axes que l'on considère; nous verrons ensuite que cette formule conduit aisément à l'expression de la force agissant sur la planète. Ce que nous dirons à ce propos n'est d'ailleurs qu'un cas particulier, en ce sens que, quand, plus généralement, on connaît les conditions du mouvement d'un point par rapport à certains axes, il y a souvent intérêt à chercher la formule fournissant l'accélération correspondante du point, puisque cette formule conduit elle-même immédiatement à l'expression de la force qui agit.

A notre point de vue, il importe donc, au premier chef, de bien se rendre compte du sens qu'il faut attacher à une formule mathématique. Ce sens, nous le préciserons au chapitre II.

(1) Cette composante normale est dans le plan osculateur à la courbe au point M ; elle est dirigée vers le centre de courbure et a pour grandeur $\frac{v^2}{r}$, où v est, comme toujours, la vitesse au point M et où r est le rayon du cercle osculateur en ce point.

D'autre part, les valeurs numériques qui entrent dans une formule dépendant elles-mêmes des unités de mesure, il importe encore, surtout si l'on veut toucher les domaines à la fois scientifique, industriel et commercial, de bien préciser les unités le plus en usage. C'est ce qui explique le second objet de ce chapitre II.

II. FORMULE MATHÉMATIQUE. UNITÉS DE MESURE. ÉTALONS.

Une *formule mathématique* est une relation entre des nombres généralement représentés par des lettres. Souvent la relation dont il s'agit est une simple égalité : c'est le cas des formules que nous aurons à considérer.

Quant aux lettres entrant dans une formule, chacune d'elles représente ordinairement le rapport d'une grandeur à une autre grandeur de même espèce : chacune des lettres susvisées, est, en d'autres termes, la mesure d'une grandeur au moyen d'une autre grandeur de même espèce, prise comme unité : c'est ce qu'on appelle un *nombre* (1).

Pour abréger le langage, on dit souvent aussi d'une lettre qui entre dans une formule et qui, en fait, est un nombre, qu'elle représente une grandeur. On dit, par exemple, quand il s'agit des formules relatives à l'ellipse, que $2a$ est le grand axe de l'ellipse, bien que $2a$, qui est un nombre, soit en réalité la mesure de ce grand axe, lequel est une longueur.

Nous dirons de même, quand il s'agit de formules de mécanique, que v est la vitesse d'un point lorsqu'en réalité, dans une formule, v est un nombre, mesure de la vitesse du point. C'est dans le même sens que nous dirons que m est la masse du mobile, j son accélera-

(1) On peut lire avec intérêt : H. Bourget, *Sur les nombres provenant des mesures*, dans le BULLETIN ASTRONOMIQUE, 1915, pp. 18-27.

tion, P la résultante des forces, lorsqu'en réalité, m, j, P sont des nombres qui représentent les mesures respectives de la masse du mobile, de son accélération et de la résultante des forces qui agissent sur lui à l'instant considéré.

Il y a lieu de distinguer deux espèces de formules mathématiques : la formule *algébrique*, où les additions des termes se font comme en arithmétique et la formule *géométrique*, où les termes sont représentés géométriquement par des vecteurs et où l'on a égard, lors des additions, à la direction et au sens des vecteurs en même temps qu'à leurs grandeurs.

Dans les sciences physiques, la mécanique et l'astronomie comprises, et aussi dans l'industrie et dans les transactions commerciales, on choisit trois espèces de grandeurs dites *fondamentales*, savoir : la longueur, le temps (c'est-à-dire l'intervalle de temps) et la masse.

On sait ce que c'est qu'une longueur, ce que c'est qu'un intervalle de temps. Nous verrons ultérieurement, entre autres, par l'exemple de la gravitation universelle, comment la notion de masse s'introduit dans la science.

Les unités de longueur, de masse et de temps, sont arbitraires et indépendantes. Toutefois, afin que les nombres qui sont les résultats de mesures de longueur, de masse et de temps ne sortent pas des limites des nombres auxquels nous sommes habitués, il convient souvent de changer d'unité, de manière que, dans chaque cas particulier, l'unité adoptée soit elle-même en rapport simple avec les grandeurs à mesurer. Toutefois, parmi les diverses unités d'une espèce déterminée, il y en a une qui est considérée comme unité *principale* (1), il y a, par exemple, une unité principale de longueur, une unité principale de masse, etc.

(1) Inutile de faire remarquer que les diverses unités de longueur seront, autant que possible, des multiples ou des sous-multiples décimaux de l'unité

Outre la longueur, la masse et le temps, on introduit encore d'autres grandeurs comme grandeurs fondamentales.

Les grandeurs qui ne sont pas fondamentales sont des grandeurs *dérivées* ou *secondaires*, en ce sens que les unités qui leur servent de mesures sont dérivées des unités des grandeurs fondamentales : les vitesses, les accélérations, les forces sont des grandeurs dérivées ou secondaires, quand on adopte, comme on le fait maintenant presque toujours, la longueur, la masse et le temps comme grandeurs fondamentales (1).

Pour définir dès maintenant la *masse*, considérons le cas d'un corps à la surface de la Terre. Appelons p la force due à la pesanteur ; cette force n'est autre que le poids du corps. Soit g l'accélération spéciale due à la pesanteur. L'expérience montre que g varie un peu avec la latitude du lieu d'observation à la surface de la Terre (2) ; mais elle montre aussi que la force p, à

principale de longueur et qu'il en sera de même des diverses unités de masse par rapport à l'unité de masse ; les diverses unités de temps seront aussi en rapport simple avec l'unité de temps.

(1) Nous invitons le lecteur que préoccupe surtout le point de vue logique et qu'intéresse avant tout l'enchaînement des idées, à passer immédiatement au Chapitre III, donc à laisser de côté tout le reste du Chapitre II actuel, quitte à y revenir, après l'établissement de la formule (5) et après la notion et la mesure de la force qui en découlent. Si nous nous sommes décidé à introduire cette fin du Chapitre II, où nous admettons l'existence de la formule (5) que nous avons surtout pour objet d'établir avec ses conséquences relatives à la notion et à la mesure de la force, c'est que nous avons pensé que ce mode d'exposition, tout en étant moins logique, est plus accessible à ceux qui saisissent mieux les principes généraux quand l'exposé de ces principes est précédé de certaines applications simples ; il nous a d'ailleurs semblé que des généralités concernant l'organisation internationale du système métrique et la nouvelle loi française sur les unités de mesure peuvent intéresser à des titres divers et que ce n'est pas nous écarter de notre sujet que d'en signaler les traits essentiels dans ce travail même.

(2) Cette faible variation est due à la forme ellipsoïdale du géoïde et à d'autres causes locales (altitude, densité du sol, etc.). A Sèvres (Bureau international des Poids et Mesures, $g = 9{,}80991$; à Uccle (Observatoire royal de Belgique), $g = 9{,}81169$; au pôle, $g = 9{,}83232$; à l'équateur, $g = 9{,}78046$. C'est M. Defforges G., actuellement général, qui a déterminé par l'observation

laquelle correspond l'accélération g, varie proportionnellement à g, de sorte que le rapport $\frac{p}{g}$ est indépendant du lieu d'observation. C'est ce rapport qui est appelé la *masse* du corps : on le désigne par m, de sorte que l'on a : $p = mg$. C'est parce que, pour un corps déterminé, m est indépendant du lieu d'observation, qu'on prend la masse elle-même comme grandeur fondamentale plutôt que le poids, qui est une force (1), variable avec g et définie par la relation $p = mg$.

Si, au lieu de l'accélération g due à la pesanteur, un corps déterminé possède une accélération quelconque j, le rapport $\frac{P}{j}$ de la force P à l'accélération correspondante, tout en étant variable d'un corps à l'autre, est indépendant de cette accélération, et ce rapport est le même que le rapport $\frac{p}{g}$ relatif au même corps.

Si, outre un premier corps de masse m et de poids p, on considère, dans le même lieu, un second corps de masse m' et de poids p', on a évidemment $\frac{p}{p'} = \frac{m'}{m}$, puisque l'accélération g est, dans un même lieu, la même pour les deux corps, et on en conclut que le

les deux premières valeurs susvisées ; pour la détermination de la deuxième, c'était avec la collaboration de M. Bourgeois, actuellement général ; les valeurs relatives au pôle et à l'équateur ont été extraites de l'*Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1920*. Ces quelques valeurs de g, données telles quelles et sans autres renseignements, suffisent pour notre objet. Pour plus de détails, cf. le même *Annuaire*, pp. 143-146 et pour d'autres valeurs de g en divers lieux, voir le même *Annuaire* pour 1917, p. 178.

(1) C'est cette définition qui a été adoptée à l'unanimité, en 1901, par la Conférence générale des Poids et Mesures (Cf. les *Comptes rendus de la Conférence*, p. 70 ou les *Procès-verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*, session de 1901, 1902, p. 120. Cf. dans les *Comptes rendus des séances de la cinquième Conférence générale des Poids et Mesures* en 1913, p. 42, la déclaration de la Conférence au sujet de l'accélération normale de la pesanteur. A propos de la même question, voir Ch. Ed. Guillaume, *Les récents progrès du système métrique*, 1907 et 1913, respectivement aux pp. 27-31 et 42-45.

nombre représentant la mesure de la masse m' quand on prend la masse m comme unité est égal au nombre qui représente la mesure du poids p', quand on prend le poids p comme unité.

Venons-en au choix des unités principales de mesure et aux étalons qui les représentent matériellement. Actuellement, dans un très grand nombre de pays, on choisit, comme unité principale de longueur, le *Mètre*, dont la longueur est définie, à la température de zéro degré centigrade, par le prototype en platine iridié déposé au pavillon de Breteuil, à Sèvres, près de Paris. Comme unité principale de masse, on prend d'ordinaire le *Kilogramme-masse*, dont l'étalon est la masse du prototype en platine iridié qui est déposé au même pavillon de Breteuil. Comme unité principale de temps, on utilise le plus souvent la *Seconde* (ou seconde sexagésimale de temps moyen) : c'est la seconde de temps ordinaire, donc la 60me partie de la minute marquée par une bonne horloge dans la vie civile.

Nous croyons intéressant de donner ici un court aperçu historique au sujet de ces nouveaux prototypes de longueur et de masse.

Le *Journal officiel* français publia, en date du 2 septembre 1869, un important rapport, signé par le Ministre du Commerce et approuvé par l'Empereur. Ce document mériterait d'être reproduit en entier (1) : il a joué un rôle prépondérant dans la question de l'unification des poids et mesures. Il rappelle que douze États ont adopté officiellement le système métrique et que les Expositions universelles de 1851, 1855, 1862, 1867 ont de plus en plus mis en évidence les avantages d'un système d'unités communes. Il signale aussi les

(1) On le trouve dans G. Bigourdan, *Le système métrique des poids et mesures*, pp. 265-272. Paris, Gauthier-Villars, 1901.

résolutions prises en 1867 par l'Association géodésique internationale (1), le rapport de la Commission, nommée en 1869 par l'Académie des sciences de St Pétersbourg, le rapport de 1869 de la Commission anglaise des étalons, le rapport, aussi de 1869, du Gouvernement de l'Inde anglaise, les rapports du Bureau des Longitudes et de la Commission de l'Académie des sciences de Paris, respectivement de 1867 et 1869, les conclusions de la Commission française de 1868, présidée par le Général Vaillant, etc., etc.

A son tour, en date du 16 novembre 1869, le Ministre des Affaires étrangères adressa à tous les agents diplomatiques de la France une dépêche ainsi conçue (2) :

« L'Empereur, désirant associer son Gouvernement aux efforts universellement tentés par la science pour répandre l'usage des mesures métriques, a décidé, sur la proposition de M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, et conformément au vœu de l'Académie des sciences :

1°) Que, par les soins d'une Commission spéciale, il serait fait une copie légale, par un mètre à traits, du mètre à bouts, déposé aux archives de l'Empire ;

2°) Que les Gouvernements étrangers seraient invités à déléguer les savants, chargés de prendre part à toutes les études et à toutes les résolutions propres à donner une confiance entière dans l'exactitude des étalons secondaires, dérivés de ceux des Archives . . . .

. . . . . »

La Commission spéciale susvisée, qui fut nommée la

(1) Cette Association a été la première (8me résolution, séance du 5 octobre 1867), à demander la construction d'un mètre européen à traits, copie du prototype à bouts des archives de Paris. *Bericht über die Verhandlungen der von 30 September bis 7 October 1867 zu Berlin abgehaltenen allgemeinen Conferenz der Europäischen Gradmessung.* Berlin, 1868, p. 126 et G. Bigourdan, *ouv. cité*, p. 252.

(2) G. Bigourdan, *ouv. cité*, pp. 272 et 273.

Commission internationale du Mètre, se réunit une première fois à Paris, du 8 au 13 août 1870. Les membres présents comprirent qu'ils ne pouvaient que préparer les travaux dont la Commission était chargée, la guerre qui venait d'éclater entre l'Allemagne et la France ayant empêché plusieurs délégués de se rendre à la réunion : on vota cependant diverses résolutions importantes. Avant de se séparer, la Commission nomma un *Comité de recherches préparatoires*, destiné à procéder plus particulièrement aux essais, exigés par le programme qui venait d'être élaboré.

En 1870, la Commission n'avait pu prendre aucune résolution définitive : elle se réunit de nouveau en septembre et octobre 1872. Dans ces réunions, elle travailla avec un zèle et une compétence admirables, et il en fut de même de son *Comité permanent* et de la *Section française*.

Le 20 mai 1875, une Conférence diplomatique concluait la *Convention du mètre* : le Bureau international était fondé : il allait fonctionner — on sait aujourd'hui avec quel succès — sous la direction et la surveillance du Comité international, placé lui-même sous l'autorité de la Conférence générale des Poids et Mesures.

Pour donner une idée (1) des travaux accomplis et

(1) Pour plus de détails sur les bases et le développement du système métrique, surtout depuis un demi-siècle, on peut consulter spécialement :

G. Bigourdan, *Le système métrique*, ouv. déjà cité. — Ch. Éd. Guillaume, *La convention du mètre et le Bureau international des Poids et Mesures*. Gauthier-Villars, 1902. — *Procès-verbaux des séances du Comité international des Poids et Mesures*. Paris, Gauthier-Villars, in-8°, 22 vol. de 1876 à 1900 ; 2me série, 6 vol. de 1902 à 1911. — *La Convention du mètre*. Paris, Gauthier-Villars, 1913. — *Comptes rendus des séances de la première (deuxième, troisième, quatrième, cinquième) Conférence générale des Poids et Mesures, réunie à Paris en 1889 (1895, 1901, 1907, 1913)*. Paris, Gauthier-Villars. — Ch. Ed. Guillaume, *Les récents progrès du système métrique*. Paris, Gauthier-Villars, in-4°, 1907 et 1913, comme suite aux *Comptes rendus* susvisés de la 4me et de la 5me Conférence générale, et in-8° dans les *Procès-verbaux* susvisés, 1909 et 1911. — *Travaux et mémoires du Bureau international des Poids et Mesures*. Paris, Gauthier-Villars, in-4°. Le t. XII (1912)

des résultats obtenus après vingt années de labeur, et grâce aux collaborations les plus compétentes et les plus variées, nous ne pouvons mieux faire que de reproduire la conclusion (1) du *Compte rendu*, présenté à la Conférence générale de 1889 par le Général Marquis de Mulhacén.

« En premier lieu, dit le Président du Comité, on est parvenu à mettre au jour des Prototypes internationaux du Mètre et du Kilogramme qui présentent, autant qu'il était possible de le faire, les deux caractères essentiels de tout prototype : c'est-à-dire, d'une part, les garanties les plus parfaites d'inaltérabilité, de permanence avec le temps, de conservation indéfinie : et d'autre part, les dispositions propres à assurer, dans les opérations métrologiques auxquelles ils sont destinés, le plus haut degré de précision. En même temps, ces prototypes constituent des reproductions rigoureusement identiques, jusqu'aux dernières limites de l'exactitude que permettent d'atteindre les procédés les plus délicats de la science actuelle, des deux unités fondamentales du Système métrique que représentaient les étalons des Archives de France. Ainsi, l'un des points les plus importants, parmi ceux qu'on s'était proposé d'atteindre, l'un de ceux aussi qui paraissaient présenter *a priori* les plus grandes difficultés, est obtenu avec une perfection inespérée. Les étalons matériels sont changés ; les unités demeurent identiques ; aucune

renferme les *Comptes rendus* susvisés *de la première, de la deuxième* et *de la troisième Conférence générale, réunies à Paris respectivement en 1889, 1895 et 1901 ;* le t. XV (1913) renferme à son tour les *Comptes rendus de la quatrième Conférence générale, réunie à Paris en 1907 ;* enfin le t. XVI renferme les *Comptes rendus de la cinquième Conférence générale, tenue à Paris en 1913.*

(1) *Compte rendu des travaux accomplis par le Comité et le Bureau international,* dans les *Travaux et mémoires* susvisés, t. VII. 1890, pp. 10 et 11. Ce texte, dû au Général Marquis de Mulhacén, l'auteur l'a reproduit dans son discours à la susdite Conférence générale. Cf. les *Comptes rendus* de cette Conférence, pp. 28 et 29. Le même t. VII renferme un *Rapport* plus circonstancié, dû à M. J. René Benoit, directeur du Bureau international.

solution de continuité n'est produite entre le passé et l'avenir, et les résultats numériques que les sciences métrologiques ont exprimés en fonction des anciens étalons restent acquis, sans aucune modification, par rapport aux nouveaux.

» En second lieu, les États qui ont accédé à la Convention de 1875 et voulu bénéficier de ses conséquences, reçoivent des prototypes tous identiques entre eux, pour les mètres à quelques millièmes de millimètre près, pour les kilogrammes à quelques dixièmes de milligramme ; les très petites différences qui existent entre ces prototypes ont été déterminées avec des soins et une précision autant que possible égaux pour tous, et leurs valeurs, en fonction des prototypes internationaux, sont données *avec une exactitude qui est, pour les mètres, de l'ordre du dix-millième de millimètre, et qui dépasse, pour les kilogrammes, le centième de milligramme.*

» Enfin, les États contractants reçoivent aussi une collection considérable d'instruments thermométriques, tous minutieusement étudiés, qui fournissent à chacun une échelle des températures bien définie, concordante et identique en tout temps avec elle-même dans les limites d'exactitude des observations les plus précises qu'on puisse faire, *c'est-à-dire à quelques millièmes de degré près*, et, en outre, parfaitement déterminée par rapport à l'échelle normale des températures définie par le thermomètre à hydrogène. »

Après toutes les sanctions auxquelles il vient d'être fait allusion, après la distribution des prototypes nationaux et des thermomètres qui les accompagnaient, après le dépôt, dans le caveau *ad hoc*, des prototypes internationaux et de leurs témoins, la Conférence générale de 1889 entendit un rapport de M. R. Benoit, directeur du Bureau, sur la besogne qui incomberait dorénavant à celui-ci, en vertu de l'art. 6 de la *Convention du Mètre.*

Ce serait, pensons-nous, sortir de notre sujet que de signaler, même brièvement, les travaux accomplis par le Comité et le Bureau, et de faire connaître les résolutions prises par les Conférences générales qui ont suivi celle de 1889. Ceux que la chose intéresse pourront consulter à leur gré les nombreux documents que nous avons renseignés plus haut en note.

Pour nous, malgré la grande valeur de tous ces travaux et le haut intérêt que nous y attachons, nous ne pouvons oublier le but de l'article actuel, qui est d'exposer avant tout des principes. C'est pour ce motif que nous nous sommes limité au minimum au point de vue « formules » ; c'est pour le même motif que nous devons aussi le faire au point de vue « applications ». Pour la même raison, nous ne dirons non plus que peu de chose concernant les lois et arrêtés propres à chaque pays (1) et qui règlent les conditions du service des poids et mesures ; nous insisterons davantage sur une loi française, sans doute la plus récente et la plus complète et, là encore, nous nous limiterons à la partie qui se rapporte le plus à notre sujet.

Le système d'unités comprenant le mètre comme unité de longueur, le kilogramme-masse comme unité de masse et la seconde comme unité de temps, donc

(1) Dans *Les récents progrès du système métrique*, 1913 p. 93, M. Ch.-Ed. Guillaume, actuellement Directeur du Bureau international des Poids et Mesures, donne un tableau résumant l'état de la législation en ce qui concerne l'application générale du système métrique.

Il résulte de ce tableau qu'il y avait à cette époque 37 pays où le système métrique était obligatoire et 11 où il était facultatif. A la même époque, 28 pays adhéraient à la Convention du mètre.

Depuis sa constitution en état indépendant, la Belgique n'a pas connu d'autre système que le système métrique. — Son organisation administrative est, à ce point de vue, régie par la loi du 1er octobre 1855.

Notre pays a, dès l'origine, adhéré à la Convention du mètre. Les étalons nationaux qui portent respectivement les nos 12 et 18, suivant qu'il s'agit de l'étalon de longueur ou de l'étalon de masse, ont été sanctionnés, comme tels, par un arrêté royal en date du 1 juin 1896 (Moniteur belge, du 3 juin 1896).

le système mètre-kilogramme-seconde, est, par abréviation, désigné sous le nom de *système* M. K. S. : c'est le seul dont nous ayons parlé jusqu'à présent.

Pour arriver, vu les grandeurs à mesurer, à des nombres maniables, on emploie de préférence, en physique, un système d'unités composé du centimètre, du gramme-masse et de la seconde ; par abréviation, ce système est appelé le *système* C. G. S. Une loi française, sur laquelle nous reviendrons à l'instant, vient d'introduire un troisième système, destiné à la technique industrielle et aux transactions commerciales : dans ce système, les unités sont respectivement le mètre, la tonne-masse et la seconde ; par abréviation, il est appelé le *système* M. T. S.

Ces trois systèmes sont dits des systèmes *d'unités absolues* ou *rationnelles*. Quand on peut le faire sans trop de difficultés, on doit leur accorder la préférence.

D'après la nouvelle loi (1) en date du 2 avril 1919 et qui n'entrera en vigueur que vers le mois de septembre de cette année 1920, l'unité principale de longueur est le mètre et l'unité principale de masse, le kilogramme ; mais d'après un décret, en date du 26 juillet 1919, portant règlement d'administration publique (2) pour l'exécution de la loi du 2 avril, le système M. T. S. est le seul légal pour la France et les colonies. D'après le même décret, le système C. G. S. est cependant maintenu comme facultatif (3).

(1) *Journal officiel*, 4 avril 1919, pp. 3474 et 3475.

(2) *Journal officiel*, 5 août 1919, pp. 8201-8207.

On lira avec intérêt la notice B, due à M. Ch. Lallemand, intitulée *Les nouvelles unités légales de mesures industrielles* et insérée dans l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES POUR 1920.

Au point de vue de l'enseignement primaire et de l'enseignement moyen, on peut consulter : Pierre Massoulier, *Nouvelles unités commerciales et industrielles*, (avec une préface de A. Pérot). Paris, Hachette, 1920.

(3) Outre le mètre, la tonne et la seconde, la même loi française, se conformant aux résolutions de la conférence des unités électriques tenue à Londres en 1908, établit, comme unité principale de résistance, électrique l'ohm inter-

Les deux systèmes C. G. S et M. T. S., adoptés par la nouvelle loi française, paraissent, vu l'objet spécial de cette loi, être les meilleurs à la fois en principe et au point de vue pratique. En principe d'abord : dans chacun de ces systèmes, l'unité de masse se déduit, en effet, immédiatement de l'unité de longueur, puisque l'unité de masse est la masse d'un cube d'eau ayant pour côté l'unité de longueur (1) ; de plus, ces deux systèmes se déduisent immédiatement l'un de l'autre, puisque l'unité de longueur de l'un est la centième partie de l'unité de longueur de l'autre. Pratiquement et sans qu'on ait même besoin d'utiliser des multiples ou des sous-multiples décimaux des unités de longueur et de masse, les deux systèmes, pris ensemble, paraissent s'adapter à la très grande généralité des cas que l'on peut rencontrer dans l'industrie et les transactions commerciales.

national, qui est la résistance offerte à un courant électrique invariable, par une colonne de mercure à la température de la glace fondante, d'une masse de 14,4521 grammes, d'une section constante et d'une longueur de 106,300 centimètres, et comme unité, principale de courant, l'ampère international, c'est-à-dire le courant électrique invariable qui, en passant à travers une solution de nitrate d'argent dans l'eau, dépose de l'argent en proportion de 0.00111800 grammes par seconde.

La même loi adopte le degré centésimal comme unité principale d'intervalle de température et elle définit le degré centésimal, la variation de température qui produit la centième partie de l'accroissement de pression que subit une masse d'un gaz parfait quand, le volume étant constant, la température passe du point 0° (température de la glace fondante) au point 100° (température d'ébullition de l'eau) tels que ces deux points ont été définis par la Conférence générale des poids et mesures de 1889 et par celle de 1913.

Enfin la même loi établit comme unité principale d'intensité lumineuse la bougie décimale, dont la valeur est le vingtième de l'étalon Violle.

L'étalon Violle est la source lumineuse constituée par une aire égale à celle d'un carré d'un centimètre de côté prise à la surface d'un bain de platine rayonnant normalement à la température de solidification, conformément aux décisions de la Conférence internationale des électriciens, tenue à Paris en 1884, et du Congrès international des électriciens, tenu à Paris en 1889.

(1) Nous faisons ici abstraction de la différence entre le kilogramme-masse et la masse de un décimètre cube d'eau. Cette différence ne s'élève qu'à 27 milligrammes, soit 27×10^{-6} d'après les derniers travaux du Bureau International (*4e Conférence générale des Poids et Mesures*, p. 50) ; elle peut être négligée dans les opérations industrielles.

En ce qui concerne l'angle droit, il doit légalement être divisé en 100 grades ou en 90 degrés : la subdivision décimale du grade est maintenue, ainsi que la subdivision du degré en 60 minutes et celle de la minute en 60 secondes.

En vertu du décret susvisé, en date du 26 juillet 1919, il est établi toute une série d'unités dérivées (ou secondaires). Ces unités ne font pas partie intégrante de la loi proprement dite et peuvent par suite être plus facilement modifiées. Le tableau général des unités de mesures commerciales et industrielles, ainsi que de leurs multiples et sous-multiples usuels, qui est annexé à la loi, ne comprend pas moins de huit pages du *Journal officiel* (1). Au point de vue du présent travail, il nous suffira de citer les unités mécaniques.

Dans le décret en question, l'unité de force est appelée *sthène* (du mot grec σ-ένος, force) et l'on appelle ainsi la force qui, dans le système M. T. S., communique à l'unité de masse une accélération égale à l'unité (2). A titre transitoire, le décret accepte comme unité de force le kilogramme-poids (ou kilogramme-force), c'est-à-dire la force exercée par la pesanteur sur une masse de un kilogramme (3).

Comme unité de travail (ou d'énergie), le décret établit le *kilo-joule* lequel, par définition, est le travail produit par un sthène dont le point d'application se

(1) JOURNAL OFFICIEL, 5 août 1919, pp. 8201-8207. La loi et le décret ont été publiés en tirés à part, par le Ministère du Commerce, de l'Industrie, des Postes et des Télégraphes.

(2) Nous avons modifié la définition du sthène : celle qui est donnée dans le décret convient uniquement au cas où le mouvement est rectiligne et uniformément accéléré, ou si l'on préfère, au cas d'un point libre, soumis à une force ayant la direction et le sens de la vitesse dont est animé le point au moment de l'intervention de la force.

(3) Nous estimons qu'il vaut mieux parler ici de « la pesanteur » et non de « l'attraction terrestre » : comme nous l'avons dit au commencement de cet article, la pesanteur est la résultante de l'attraction terrestre et de la force centrifuge due à la rotation diurne de notre globe.

déplace de un mètre dans le sens de la force. A titre transitoire, le décret conserve le kilogrammètre, c'est-à-dire le travail produit par un kilogramme-force dont le point d'application se déplace de un mètre dans la direction de la force.

Le décret établit comme unité de puissance le kilowatt, qui, par définition, est la puissance qui produit un kilo-joule par seconde. A titre transitoire, le *poncelet* (ou la puissance correspondant à 100 kilogrammètres par seconde) et le *cheval-vapeur* (ou la puissance correspondant à 75 kilogrammètres par seconde) sont maintenus comme unités de puissance.

Comme unité de pression, le décret établit la *pièze* (du mot grec πιέζειν, presser). Par définition, la pièze est la pression uniforme qui, répartie sur une surface de un mètre carré, produit un effort total de un sthène. A titre transitoire, comme unité de pression, le décret maintient le kilogramme-poids par unité de surface, c'est-à-dire la pression uniforme qui, répartie sur la surface prise pour unité, produit un effort total de un kilogramme-poids.

Éclaircissons ces généralités sur la nouvelle loi française par une application très simple. Demandons-nous quelle est l'expression du kilogramme-poids (ou kilogramme-force) en fonction de la nouvelle unité de force, le sthène. Pour cela, rappelons-nous que dans la formule $p = mg$, la lettre p, qui représente un poids, est un nombre dont la valeur est déterminée en fonction des unités de longueur, de masse et de temps.

Cette formule se réduit à $p = g$, si la masse est égale à 1 ; si nous posons $g = 9{,}8$, ce qui est approximativement la valeur de g quand on prend le mètre comme unité de longueur et la seconde comme unité de temps, on a $p = 9{,}8$ unités de force.

Cela étant, supposons que nous voulions d'abord calculer la tonne-poids en prenant le sthène comme unité

de force. Dans ce cas, nous prenons le mètre comme unité de longueur, la seconde comme unité de temps, et la tonne masse comme unité de masse; la tonne-poids, dont il s'agit de trouver la valeur, est elle-même le poids de l'unité de masse. L'application de la formule $p = 9{,}8$ unités de force permet immédiatement de conclure que la tonne-poids vaut 9,8 sthènes.

Et puisque la tonne-poids vaut 1000 kilogrammes et que le sthène renferme 100 centisthènes, on voit que :

1 kilogr.-poids (ou kilogr.-force) = 0,98 centisthène.

Dans la technique industrielle et dans les transactions commerciales, on peut généralement se borner à poser $g = 9{,}8$, comme nous venons de le faire.

Certes, on doit savoir gré à l'Angleterre et aux États-Unis d'Amérique d'avoir adhéré, depuis longtemps, à la Convention du mètre et d'avoir autorisé chez eux l'emploi du système métrique.

Mais le moment n'est il pas venu pour ces grands États de rendre cet emploi obligatoire ?

L'unification horaire, basée sur le système des fuseaux, avec Greenwich comme méridien initial, est, peut-on dire, un fait accompli, grâce, entre autres causes, à un acte de généreuse condescendance posé par la France. Comme nous venons de le voir, celle-ci vient, en outre, d'introduire législativement le système M. T. S., où l'unité de masse équivaut à très peu près à la masse de la tonne anglaise de 1016 kilogrammes. Ne peut-on espérer, surtout dans ces conditions, que l'Angleterre et les États-Unis poseront aussi sans retard un acte de solidarité internationale, dont les conséquences sont inappréciables, en adoptant (1) d'une

(1) On lira avec intérêt dans Guillaume, *Les récents progrès du système métrique*, 1913, pp. 102-104, les *initiatives gouvernementales et l'action des Associations* qui permettent d'espérer de prochaines décisions dans le sens que nous souhaitons.

Plus récemment, dans une brochure de propagande qu'il a distribuée en décembre dernier, le *World Trade Club* de San Francisco signalait qu'à la

façon exclusive, comme base de leurs mesures, le système métrique décimal, qui tend incontestablement à devenir universel ?

(A suivre.) E. Pasquier.

date du 15 sept. 1919, le gouvernement américain avait reçu 58 234 pétitions au sujet de l'adoption du système métrique décimal. Sur ce nombre de pétitions émanant des milieux les plus divers, commerciaux, agricoles, industriels et pédagogiques, 57 800 étaient pour l'adoption. Le système métrique n'avait rencontré que 426 opposants, soit 0,73 % en tout.

La Nature des Rayons X

ET

la Structure des Cristaux

La dénomination de « rayons X » trahit suffisamment l'embarras des physiciens de 1895 cherchant à classer ces rayons nouveaux dans une catégorie de radiations connues.

Aujourd'hui, le mystère est éclairci : des expériences aussi ingénieuses que fécondes en applications ont pu résoudre définitivement le problème de la nature des rayons X, et cette appellation énigmatique ne se justifie plus. Mais reportons-nous à l'époque de leur découverte et partageons un instant la perplexité des physiciens d'alors. Ceux-ci se posaient naturellement trois questions : les rayons X sont-ils une émission de particules matérielles, comme les rayons cathodiques qui les engendrent ? ou bien sont-ils des vibrations de l'éther, comme les rayons lumineux ? ou enfin, seraient-ils peut-être un mode de rayonnement encore inconnu ?

Chacune de ces hypothèses eut ses patrons et ses défenseurs. La première surtout devait tenter les physiciens à un moment où les corpuscules, véhicules de l'électricité, venaient de faire leur apparition dans la physique. J. J. Thomson avait découvert le mécanisme de la conductibilité électrique des gaz : au sein d'un gaz, le courant électrique est une convection de particules matérielles, chargées chacune d'une quantité minime d'électricité qu'elles transportent d'une élec-

trode à l'autre. Ces particules ne sont autre chose que des fragments d'atomes : les uns, les électrons, extrêmement légers, portent une charge négative ; les autres, plus massifs, sont les ions positifs et véhiculent une charge d'électricité positive. Placés dans un champ électrostatique, les électrons, vu leur charge négative, sont repoussés de l'électrode négative, c'est-à-dire de la cathode, et attirés par l'électrode positive, l'anode. Leur vitesse est évidemment en rapport avec l'intensité du champ électrique et sera d'ailleurs d'autant plus grande que le gaz est plus raréfié, car ainsi diminuent pour eux les chances de buter contre les molécules et de perdre leur vitesse. Dans un vide très prononcé, ces vitesses peuvent atteindre des valeurs telles qu'il n'est pas exagéré de parler du *bombardement cathodique* auquel est exposé tout objet placé sur leur trajectoire. C'est précisément en des points sur lesquels est concentré le bombardement cathodique, que naissent les rayons X. Supposer une analogie de nature entre les rayons X et les rayons cathodiques qui les suscitent, était donc hypothèse plausible. Aussi Roentgen lui-même l'a-t-il adoptée pour un temps. Mais une difficulté s'élevait aussitôt. Soumis à l'action d'un aimant, un faisceau de rayons cathodiques subit une déviation ; car, vrai torrent d'électrons, c'est-à-dire de granules infinitésimaux d'électricité, il constitue un véritable courant électrique. Or, à l'inverse du rayonnement cathodique, les rayons X, placés dans le champ d'un aimant, n'éprouvent aucune déviation. Aussi Roentgen les supposa-t-il formés de particules électriquement neutres, lancées à des vitesses énormes. Plus tard, abandonnant l'hypothèse corpusculaire, il considéra les rayons X, avec Boltzmann, comme des vibrations longitudinales de l'éther, de période extrêmement courte, condensations et raréfactions successives se propageant dans l'éther, comme les ondes sonores se

propagent dans l'air. Il les distinguait ainsi des rayons lumineux, calorifiques et actiniques, qui sont aussi des vibrations de l'éther, mais des vibrations transversales, c'est-à-dire des déplacements périodiques de l'éther perpendiculaires à la direction de propagation. Stokes, lui, créa une nouvelle théorie des rayons X : ces rayons seraient des perturbations irrégulières et non ondulatoires de l'éther, provoquées par l'arrêt brusque de l'électron contre l'anticathode.

Malgré tout, la plupart des investigations sur la nature des rayons X ont été dirigées par l'idée d'une analogie avec les vibrations lumineuses, dont ils ne différeraient que par leur longueur d'onde ou, ce qui revient au même, par le nombre de vibrations par seconde. Tout engageait d'ailleurs les physiciens à chercher dans cette voie. Les uns après les autres, en effet, les rayons calorifiques, les rayons actiniques, les rayons herziens, c'est-à-dire les ondes de la TSF, avaient trouvé place et étaient venus se ranger dans la série des vibrations électromagnétiques. Les rayons X constituaient peut-être des vibrations de ce genre, mais de longueur d'onde si courte qu'il faudrait les placer bien loin au delà des rayons ultra-violets.

Mais si les rayons X sont de même nature que la lumière, ils doivent, comme elle, se réfléchir, se polariser, se réfracter et se disperser en rayons de longueurs d'onde différentes. Or, au lieu de la réflexion au contact d'un corps, on constatait, d'une part, l'extraordinaire pouvoir pénétrant des rayons X, qui traversent des substances opaques pour la lumière visible, et, d'autre part, on découvrit que tout objet irradié par des rayons X, devient lui-même une nouvelle source de rayons X, différant des premiers par leur pouvoir pénétrant. Quant à la réfraction, on ne parvenait pas, et on n'est pas parvenu, même de nos jours, à la mettre en évidence.

Par contre, dès le début, on avait reconnu l'action actinique ou photographique des nouveaux rayons. De plus, dès 1899, Haga et Wind avaient observé des phénomènes de diffraction. Voici comment.

Un faisceau de rayons X limité par une fente étroite, ménagée dans un écran, opaque pour ces rayons, une plaque de plomb, par exemple, va dessiner l'image de cette fente sur une pellicule photographique disposée au delà de la fente. Or, à mesure qu'on rétrécit la fente, son image actinique, qui se rétrécit d'abord elle-même, cesse de s'amincir, à partir d'un certain point, pour s'élargir de nouveau. On reconnaît le phénomène de la diffraction et sa cause : c'est l'aire de la fente elle-même qui doit être considérée comme la source unique des radiations propagées au delà de l'écran. En effet, lorsqu'un point de cette aire se met à vibrer parce qu'un rayon y passe, il devient lui-même le centre d'un ébranlement qui se transmet en tous sens. Les rayons ainsi produits sont dits « rayons diffractés ». Sans rappeler tout le mécanisme de la diffraction, où interviennent des phénomènes d'interférence qui limitent, malgré tout, dans l'espace, l'épanouissement du faisceau de rayons dont la fente doit être regardée comme la source, nous constatons que tout se passe comme si les rayons contournaient en partie les bords de la fente, élargissant ainsi en éventail le pinceau de rayons que la fente limiterait, si ces rayons se propageaient en ligne droite suivant les lois de l'optique géométrique.

L'expérience de Haga et Wind fut reprise, dans la suite, par Walter et Pohl. On peut déduire de leurs mesures que l'ordre de grandeur de la longueur d'onde des rayons X est de 10^{-8} cm., c'est-à-dire de un dix-millionième de millimètre, tandis que celle des radiations lumineuses est, on le sait, de l'ordre de 10^{-7} cm.

Barkla découvrit, en 1905, un nouvel indice de parenté des rayons lumineux et des rayons X : ceux-ci pouvaient se polariser. Il observa le maximum d'in-

tensité des rayons X dans le plan passant par les rayons primaires et perpendiculaire aux rayons cathodiques qui les engendrent.

Le même physicien, en collaboration avec Sadler, établit en 1908, que le pouvoir pénétrant des rayons X secondaires émis par *différents métaux* varie avec la nature de ces métaux. Le pouvoir pénétrant est donc un principe de classement, rudimentaire tout au moins, des radiations invisibles. Chaque élément chimique, d'après cette découverte, émet des rayons de pouvoir pénétrant, disons de couleur caractéristique de l'élément. A mesure qu'on remonte la série des éléments dans le sens des poids atomiques croissants, la pénétration de leurs rayons caractéristiques augmente. Barkla et Sadler ont même distingué deux groupes de rayons émis par chaque élément : un groupe K et un groupe L, le premier environ 300 fois plus pénétrant que le second. Voilà donc les radiations X différenciées par une caractéristique numérique : leur pouvoir pénétrant. Ce classement ne serait-il pas l'équivalent de celui que la *dispersion* établit entre les rayons de couleurs différentes ? On pourrait parler alors d'un spectre des rayons X, où ceux ci s'étaleraient successivement par ordre de longueur d'onde croissante. Mais cette assimilation entre pouvoir pénétrant et longueur d'onde était encore purement conjecturale.

Un spectre proprement dit, où les rayons se rangent par ordre de longueur d'onde croissante, ne pouvait être obtenu avec certitude que lorsque l'on serait parvenu à réaliser l'interférence des rayons X. Alors seulement il serait possible de mesurer leurs longueurs d'onde, et leur analogie de nature avec les rayons lumineux serait établie définitivement. Et en effet l'on y réussit. On put donc conclure qu'il fallait ranger les rayons X, dans la série des vibrations de l'éther, bien au delà des rayons ultra-violets, séparés

d'eux par une plage encore inexplorée, dans la région de longueur d'onde 10^{-8}, prédite par l'expérience de Walter et Pohl. Ce sont ces phénomènes d'interférence des rayons X que nous voudrions faire connaître ici. Et cette exposition même nous amènera, corrélativement, à étudier un autre problème très important, celui de la répartition de la matière dans les milieux cristallisés.

Rappelons d'abord brièvement le mécanisme de l'interférence de deux rayons vibratoires. Soit sur une droite OR une succession de points de l'éther au repos. Un rayon passe dans la direction OR. Il a pour effet de faire vibrer chaque point de l'éther, d'un mouvement oscillatoire suivant une direction perpendiculaire à celle du rayon. Si, à un instant t, on note la position de tous les points ainsi déplacés le long de la ligne OR, on les trouve répartis sur une ligne ondulée, sinusoïdale, passant alternativement d'un côté de la droite OR à l'autre.

En certains points, l'écart du point déplacé, l'élongation, est maxima. Cette élongation est l'*amplitude*. C'est d'elle que dépend l'*intensité* du rayon. La distance entre deux points d'élongation maximum situés du même côté de la droite OR est la *longueur d'onde*. Les points de la ligne sinueuse distants d'une longueur d'onde exécutent simultanément leur mouvement de va-et-vient : ils sont, au même instant, soit au haut, soit au bas de leur course, soit au point d'équilibre. Le temps que met un point à exécuter une oscillation complète est appelé *période* de la vibration.

Tel est le mécanisme schématique du rayon lumineux et de sa propagation. Évidemment le cas d'un rayon isolé traversant l'éther n'est pas réalisé dans la nature. Les rayons s'entre-croisent généralement et se superposent. Comment se comportent alors les parti-

cules de l'éther, ainsi sollicitées à vibrer par plusieurs rayons simultanés ? La solution est simple. Leur déplacement est, à chaque instant, la résultante des déplacements qu'ils auraient subis, si chacun des rayons existait seul. Cette règle, appliquée à deux rayons se propageant suivant la même droite, donnera la solution des phénomènes d'interférence qui intéressent la suite de notre exposé.

Supposons que, suivant la droite OR, se propagent simultanément deux rayons ayant la même longueur d'onde et la même amplitude. Le premier rayon, s'il était seul, répartirait les particules suivant une première ligne sinueuse. Le second, s'il était seul, les répartirait suivant une seconde ligne sinueuse, semblable à l'autre mais qui peut être décalée sur elle. La disposition réelle des particules s'obtiendra en prenant, pour chaque point, la somme algébrique des écarts à la droite OR : pour les points où les déplacements partiels sont du même côté de la droite OR, on ajoute les écarts ; là où ils sont de sens opposés, on les soustrait l'un de l'autre.

Le rayon résultant, on le voit, aura la même longueur d'onde que ses composantes ; il n'y a que l'amplitude ou l'intensité qui sera changée.

L'amplitude du rayon résultant est, suivant les cas, plus grande ou plus petite que celle des rayons composants. Si les deux lignes sinueuses sont « d'accord », c'est-à-dire, si elles se superposent, l'amplitude résultante sera maximum. Les deux rayons lumineux se renforcent, on dit qu'ils interfèrent favorablement. Mais si, au contraire, les deux lignes sinueuses sont symétriques par rapport à la droite OR, c'est-à-dire, si l'une, donnant à un point un écart d'un côté, l'autre donne le même écart de l'autre côté, les écarts résultants seront tous nuls. L'éther restera au repos : les deux rayons lumineux se seront éteints mutuellement : les rayons interféreront défavorablement. Dans le pre-

mier cas, les deux vibrations composantes commencent simultanément : les rayons sont dits avoir la *même phase*. Dans le second cas, les rayons vibrent à contretemps, la vibration due au second rayon est en retard d'une demi-période sur celle du premier : les deux rayons ont une *différence de phase* d'une demi-période. En résumé, les rayons dont la différence de phase est nulle ou égale à un nombre entier de *périodes*, ont une résultante maximum ; ceux qui sont déphasés d'un nombre entier impair de *demi-périodes* ont une résultante nulle, c'est-à-dire s'éteignent mutuellement.

Mais comment réaliser dans la pratique les conditions délicates de la superposition de deux rayons lumineux suivant la même droite, dans le même plan, et avec des différences de marche excessivement petites ? En optique, on dispose à cet effet d'un instrument à la fois parfait et très simple : le réseau de diffraction (1). Une plaque de verre porte un nombre considérable de traits gravés équidistants et parallèles. Le réseau ainsi formé étant éclairé par un faisceau de lumière monochromatique, d'une seule espèce de longueur d'onde, si l'œil le regarde par transparence, il perçoit, dans une direction *qui n'est pas celle du faisceau incident*, une série de bandes lumineuses parallèles aux traits du réseau et séparées par des intervalles obscurs. Deux phénomènes entrent ici en jeu : la diffraction et l'interférence. Soit un faisceau de rayons monochromatiques, issus d'une source S suffisamment éloignée pour pouvoir être considérés comme parallèles (fig. 1). La figure représente une coupe faite dans le réseau perpendiculairement aux traits opaques dont on voit les traces AA', BB',... La lumière traverse les fentes étroites

(1) Nous renvoyons le lecteur qui voudrait se remémorer la théorie des réseaux à l'admirable article du P. J. Thirion : *L'analyse des radiations lumineuses*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, 1898, tome 43, p. 524. Nous rappelons ici très brièvement le principe de l'interférence par les réseaux.

transparentes AB', BC'...., du gril du réseau et est arrêtée par les traits opaques AA', BB', CC'. En vertu du principe d'Huyghens, nous pouvons, comme nous l'avons dit en parlant de la diffraction, faire abstraction de la source lumineuse et la remplacer par l'ensemble des points du plan des fentes successives AB, BC,.... vibrant tous avec la même phase et dont les vibrations se propagent de proche en proche, sous le réseau, pour y produire les phénomènes lumineux.

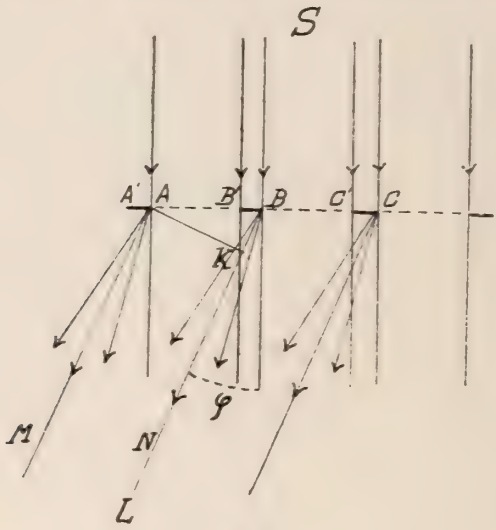

FIG. 1.

S'il en est ainsi, considérons dans la direction AM, BN deux rayons lumineux issus de points *correspondants* A et B de deux fentes voisines. Ces rayons sont reçus simultanément dans l'œil suivant la direction caractérisée par l'angle φ. Quelle est, à leur point de jonction dans l'œil, leur différence de phase ? Vont-ils interférer favorablement pour se renforcer mutuellement, ou, au contraire, vont-ils s'éteindre ? Nous avons dit que les points A et B, dont ils émanent, vibrent de la même manière. Au départ, les deux

rayons ont donc même phase. Mais, avant de se rejoindre dans l'œil, les deux rayons AM et BL n'ont pas parcouru le même chemin : la vibration lumineuse issue de B a parcouru la distance BK de plus que la vibration issue de A. Dès lors, elle est en retard de phase sur celle-ci. Si BK correspond à une demi-longueur d'onde, la différence de phase est d'une demi-période : les rayons s'éteignent mutuellement. Si la distance BK est d'une longueur d'onde, les rayons se renforcent mutuellement. En général, si la distance BK est d'un nombre impair de demi-longueurs d'onde, il y aura extinction ; si elle est d'un nombre entier de longueurs d'onde, il y aura renforcement. Et il est évident que l'on peut raisonner de la même manière pour les points voisins du point A dans la fente AA', à condition de les associer, deux à deux, aux points correspondants, voisins de B, dans la fente BB'.

Mais de quoi dépend la longueur BK ? Évidemment, pour un réseau donné, elle dépend de la direction φ dans laquelle on reçoit les rayons issus du réseau. Quand l'angle φ, d'abord nul, croît, la longueur BK passe successivement, λ étant la longueur d'onde, par les valeurs : 0λ, $\frac{1}{2}\lambda$, 1λ, $\frac{3}{2}\lambda$, 2λ, $\frac{5}{2}\lambda$, 3λ, etc... Il y aura donc successivement, si l'on recueille les rayons suivant l'angle φ croissant, renforcement, extinction, renforcement, extinction, etc., alternativement. L'œil verra donc dans des directions successives : bandes lumineuses et bandes obscures, alternativement.

En exprimant la longueur BK au moyen de l'angle φ et de la distance d entre deux points correspondants A et B, du réseau, on trouve $BK = d \sin \varphi$. Pour $d \sin \varphi = n \frac{\lambda}{2}$, on aura extinction, si n est impair ; renforcement, si n est pair.

Revenons maintenant aux rayons X.

Si les rayons X sont des vibrations de même nature

que les rayons lumineux, il suffit donc d'un réseau pour produire leur interférence. Mais ici se présente la difficulté. Pour des raisons qu'il serait trop long de développer, les interférences ne se produisent ou ne sont observables que si la distance entre les traits du réseau sont de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière analysée. Or, si l'on remarque que la plus courte vibration lumineuse visible a une longueur d'onde d'environ $3{,}6 \times 10^{-5}$ cm, tandis que, en première estimation, la longueur d'onde des rayons X est de 10^{-8} cm, soit 1000 fois plus petite encore, il faut abandonner l'idée de produire artificiellement le réseau requis pour les rayons X. En effet, pour la lumière, les réseaux doivent porter quelques centaines de traits par millimètre. Donc, pour les rayons X, il faudrait pouvoir graver quelques centaines de milliers de traits par millimètre, ce qui est impossible par des moyens artificiels.

Laue eut le mérite de découvrir, dans la nature même, des réseaux à rayons X tout préparés : ce sont les cristaux. En effet, un calcul simple, qu'on rencontrera plus loin, établit que, dans un milieu cristallisé, à structure réticulaire, les intervalles réguliers qui séparent les molécules ou les atomes ont un ordre de grandeur de 10^{-8} cm. En réalité, ces réseaux cristallins sont bien différents des réseaux gravés. Voici comment ils sont constitués.

Imaginez un empilement régulier de petits parallélépipèdes tous égaux, formant comme les alvéoles d'un rayon de miel à plusieurs étages. Placez aux sommets des parallélépipèdes des atomes ou des molécules de la substance cristallisée ; puis supprimez par la pensée l'empilement des parallélépipèdes qui a servi d'échafaudage à la construction. Les points matériels qui demeurent dans l'espace, alignés à intervalles réguliers sur des droites parallèles, vont jouer un rôle semblable

aux traits du réseau de l'optique lumineuse, comme nous l'indiquerons plus loin. Un plan du cristal forme ainsi un réseau ponctiforme dont les points sont distribués en quinconce, et le réseau à trois dimensions est formé par l'empilement d'une série de plans analogues. La régularité de la structure est telle que la succession des plans en profondeur ne gêne pas l'interférence, comme le montrèrent déjà les premiers résultats, publiés en 1912, par W. Friedrich et P. Knipping, confirmant complètement les prévisions de Laue.

Le sulfure de zinc cristallise dans le système cubique; en d'autres termes, les parallélépipèdes élémentaires de son tissu cristallin sont des cubes. Si l'on taille une lame de sulfure de zinc perpendiculairement à la direction d'une diagonale des cubes (face 111) (1), et si l'on éclaire la lame cristalline par des rayons X, en incidence normale, ces rayons, reçus sur une plaque photographique après passage du cristal, présentent un aspect que reproduit, en le simplifiant, la figure 2.

On remarque, au centre, l'empreinte des rayons non déviés, et, disposés tout autour, des points provenant des rayons déviés. Sans entrer dans la description détaillée du photogramme, faisons remarquer seulement que la figure présente trois axes de symétrie. Or, et ceci est essentiel, la symétrie d'un cube par rapport à sa diagonale est aussi une symétrie d'ordre ternaire. Car, en regardant un cube suivant une diagonale, les trois autres diagonales se projettent suivant trois droites

(1) Cette notation est empruntée à la cristallographie. Elle désigne une face obtenue sur le cristal cubique en pratiquant sur un angle solide une troncature coupant les arêtes issues du sommet de l'angle à des distances inversement proportionnelles aux nombres 1, 1, 1; donc à des distances égales. La face (110) représenterait un plan passant par une diagonale du cube et parallèle à une arête; la face (100) un plan parallèle à deux arêtes, donc à une face du cube.

inclinées de 120° l'une sur l'autre. Dans le spectre photographique obtenu, on semble donc bien se trouver en présence d'un phénomène dû à la répartition régulière des points matériels dans le cristal. Et nous verrons qu'il s'agit précisément d'un phénomène d'interférence.

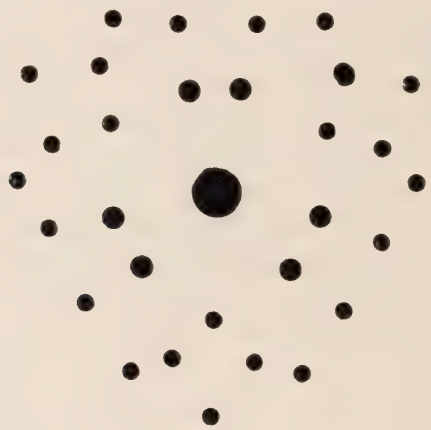

FIG. 2.

En voici, d'après Laue, l'interprétation théorique.

Soit une structure cristalline (fig. 3), dont, pour plus de simplicité, nous dessinons un seul plan réticulaire, la troisième dimension étant perpendiculaire au plan du dessin. Rapportons ce système de points à trois axes ox, oy, oz (non figuré sur le dessin), et choisissons comme unité de longueur, pour les x, la longueur a, pour les y, la longueur b, et pour les z, la longueur c (non figurée); a, b, c peuvent être égaux ou différents entre eux. Ils seront égaux dans le cas des cristaux du système cubique. Chaque point matériel aura pour coordonnées : αa, βb, γc, où α, β, γ, sont des nombres entiers.

Soit un faisceau de rayons de longueur d'onde λ, en

coïncidence de phase à la source L, et cheminant parallèlement dans la direction LO. Les points matériels, par exemple O et A, touchés par eux, sont ébranlés et peuvent être regardés à leur tour comme des centres d'ébranlement vibratoire, au même titre que les points A et B, que nous avons considérés (fig. 1) quand il s'agissait de réseaux gravés. Ces points O et A dispersent donc dans tous les sens les rayons qu'ils reçoivent de la source L.

Choisissons deux rayons OP et AP qui se superposent. Ils ont parcouru, depuis la source L, des chemins de longueurs différentes, L'AP et LOP, et ont donc en P une différence de phase. Cette différence de phase dépendra évidemment de la position du point A par rapport au point O, dépendra donc, en dernière analyse, des coordonnées, αa, βb, γc, de ce point A.

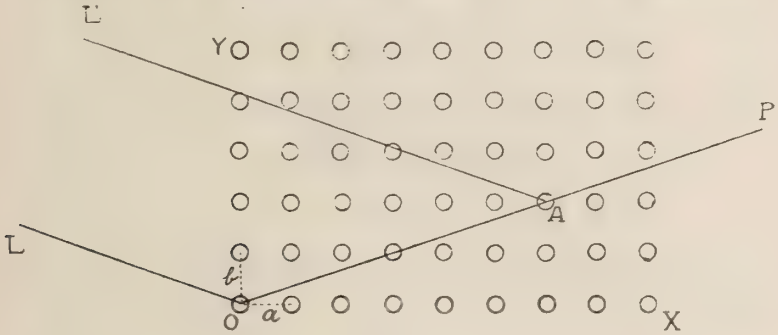

FIG. 3.

L'interférence des rayons OP et AP donnera un maximum d'intensité, quand la différence des chemins sera un nombre entier de longueurs d'onde, et une extinction, quand la différence des chemins parcourus sera un nombre impair de demi-longueurs d'onde.

Les directions suivant lesquelles les rayons se renforcent par interférence, dépendent donc des trois quantités a, b, c, caractéristiques du réseau cristallin employé. Tel est le principe de la méthode qui permettra de

calculer simultanément la longueur d'onde de la vibration employée, et les trois quantités a, b, c, caractéristiques du cristal. Mais cette méthode entraîne des calculs trop compliqués. Le physicien anglais W. H. Bragg a heureusement fait connaître une méthode plus simple, équivalente à la première, et due principalement à son fils, W. L. Bragg. Il montre que tout se passe dans le cristal comme si les rayons se réfléchissaient, conformément aux lois ordinaires, *sur les différents plans réticulaires*. Il ramène ainsi l'étude du phénomène à celui de l'interférence par les lames minces.

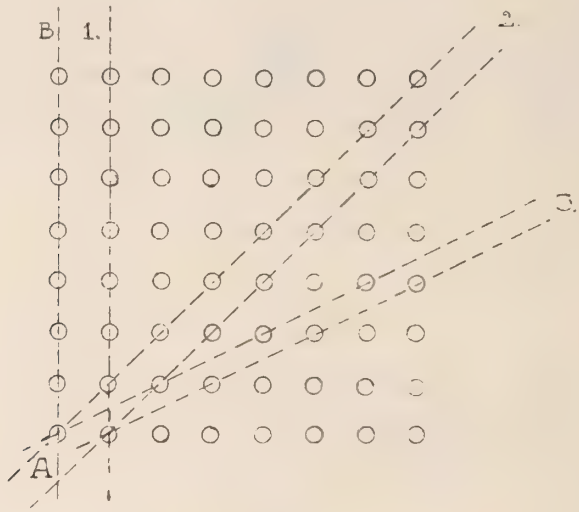

FIG. 4.

Dans un cristal (fig. 4), on peut distinguer une infinité de systèmes de plans parallèles, d'orientations différentes, portant des points matériels régulièrement distribués, et que nous appellerons *plans réticulaires*. Tels les plans 1, 2, 3, figurés en coupe et marqués en traits interrompus (fig. 4). Ces plans parallèles ont entre eux des distances, qui vont en diminuant à mesure qu'ils s'écartent de la direction AB. Bragg raisonnera

donc comme si ces plans n'étaient pas parsemés de points isolés, mais couverts d'une couche matérielle continue sur laquelle se réfléchissent partiellement les rayons, tout en les traversant, partiellement aussi, comme le font les rayons lumineux sur les surfaces successives d'une série de fines lames de verre empilées.

Rappelons la loi d'interférence des rayons par les lames minces.

Soient AB et CD (fig. 5) les traces des surfaces d'une lame mince, distantes de $O'N = d$. Un faisceau de rayons parallèles de même phase les atteint sous l'angle ω, complément de l'angle d'incidence. Les rayons SOP et

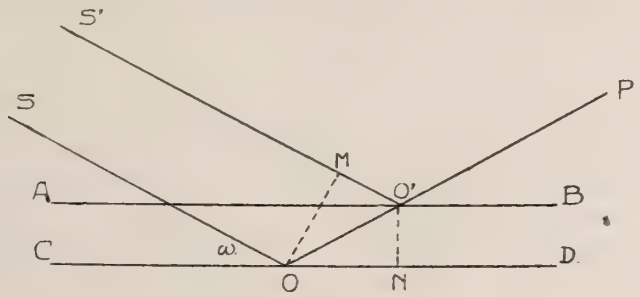

FIG. 5.

S'OP, après réflexion sur les deux plans, ont parcouru des chemins qui diffèrent de la longueur $OO' - O'M$, aisément calculable :

$$OO' = \frac{O'N}{\sin \omega} = \frac{d}{\sin \omega} \; ; \; O'M = OO' \cos 2\,\omega = \frac{d \cos 2\,\omega}{\sin \omega}.$$

D'où :

$$OO' - O'M = d\left(\frac{1 - \cos 2\,\omega}{\sin \omega}\right) = 2\,d \sin \omega.$$

Il y aura donc un maximum d'intensité, si l'on a $2\,d \sin \omega = n\,\lambda$, les chemins différant alors d'un nombre entier de longueurs d'onde.

Suivant que $n = 1$ ou 2, ou 3... on aura les maxima dits du premier ordre, du second ordre, du troisième, etc. A chaque longueur d'onde λ correspond donc une série d'angles d'incidences ω_1, ω_2, ω_3,... bien déterminés, suivant lesquels se produit le renforcement mutuel des rayons par interférence. Les rayons qui ne cheminent pas sous ces angles d'incidence n'interfèrent pas favorablement : il y a extinction plus ou moins complète. Remarquons, une fois pour toutes et sans en approfondir la raison, que les maxima successifs ont des intensités rapidement décroissantes. Dans la suite de l'exposé nous n'aurons à considérer que le maximum du premier ordre et nous désignerons par ω l'angle qui lui correspond.

La formule que nous venons d'établir et la loi que nous en avons déduite sont fondamentales. Elles fournissent la clef de deux problèmes inverses. Si nous connaissons l'épaisseur de la lame mince, l'équation nous permettra, observant l'angle ω, de déterminer la longueur d'onde λ des rayons incidents. C'est par cette voie que nous arriverons à la spectroscopie des rayons X, nous rendant à même de déterminer la place qu'ils occupent dans l'échelle des vibrations de l'éther.

Si au contraire λ est connu, l'équation fournit un moyen de mesurer la distance d. Par là nous sera révélée la structure intime du réseau cristallin.

Chacun des deux problèmes suppose que l'on puisse mesurer l'angle d'incidence ω. On emploie à cet effet le spectromètre (fig. 6). Une alidade fixe porte deux fentes étroites ménagées dans des blocs de plomb a et b. Ce métal est choisi, parce qu'il a un coefficient d'absorption très élevé pour les rayons X. Le mince faisceau de rayons, que laisse passer le système des deux fentes, est dirigé sur le cristal placé au centre d'une tablette sus-

ceptible d'être orientée dans toutes les directions. Cette tablette entraine, dans son mouvement, un cercle gradué. Une alidade mobile ayant le même axe de rotation que la tablette porte la plaque photographique P. Au moyen de la direction des deux fentes, on vise la plage de l'anticathode d'où émanent les rayons X. Un rayon, d'une longueur d'onde bien déterminée, est réfléchi par le cristal suivant CP. L'angle LCP

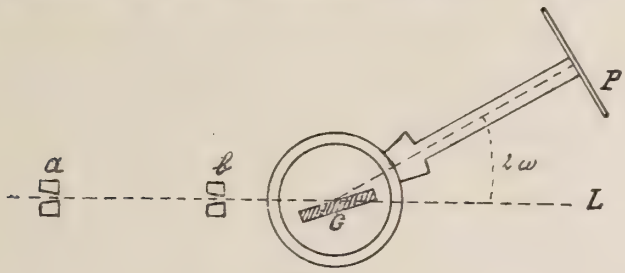

FIG. 6.

formé par la direction des rayons incidents et le rayon réfléchi vaut deux fois l'angle que nous avons appelé ω. On lit sa valeur sur le cercle gradué. Tant que le cristal reste immobile, ce ne sont que les rayons de cette longueur d'onde bien déterminée qui sont réfléchis vers la plaque P. Mais si on tourne lentement la tablette centrale, on fait varier constamment l'angle d'incidence, et ce sont des rayons de différentes longueurs d'onde, émises par l'ampoule, qui vont se réfléchir tour à tour et juxtaposer leur trace photographique sur la couche sensible de la plaque. Celle-ci portera donc autant d'images de la fente qu'il y a de longueurs d'onde différentes émises par l'ampoule.

Avant de nous arrêter aux conséquences merveilleuses de la spectroscopie des rayons X en ce qui concerne la structure cristalline, signalons quelques résultats généraux obtenus par cette méthode.

Le spectre des rayons X s'étend de la longueur

d'onde $1,2 \times 10^{-7}$ cm jusque $1,7 \times 10^{-9}$ cm. Celui des rayons γ, émis par les corps radioactifs, de $1,40 \times 10^{-8}$ jusque 7×10^{-10}. Les corps radioactifs émettent donc de vrais rayons X. On sait d'ailleurs, qu'ils émettent simultanément des rayons analogues aux rayons cathodiques : c'est la radiation β : et des radiations d'ions positifs : ce sont les rayons α.

Le pouvoir pénétrant des rayons X augmente à mesure que la longueur d'onde diminue. Dans le spectre des rayons X réalisé par Barkla et Sadler, les radiations se présentent donc bien dans le même ordre que dans le spectre des radiations étalées d'après la longueur d'onde.

Chaque ampoule à rayons X donne un spectre où l'on distingue deux parties. D'abord, un spectre continu, dont la limite vers les rayons de courte longueur d'onde dépend du voltage appliqué à l'ampoule. Superposé à ce spectre continu, on trouve, en outre, un spectre de raies isolées plus intenses. Ce spectre de raies varie d'après le métal de l'anticathode. Ce sont les raies caractéristiques du métal. La spectroscopie des rayons X confirme entièrement les résultats prévus par Barkla et Sadler. Chaque élément émet bien, en effet, une série de raies dans laquelle on peut distinguer deux groupes : un groupe K et un groupe L, de longueurs d'onde plus grandes. On découvre encore un troisième groupe de raies, mais d'intensité très faible : le groupe M.

Ces raies caractéristiques des éléments ont des propriétés hautement intéressantes au point de vue de la constitution des atomes. Si on compare les longueurs d'onde de raies analogues dans les spectres de tous les éléments, on trouve qu'elles sont en relation simple avec les poids atomiques. Ainsi le physicien Moseley (1) a construit un graphique en portant, en abscisse, le

(1) Tombé au champ d'honneur, aux Dardanelles, en 1915.

numéro d'ordre des éléments dans le système périodique et, en ordonnée, la racine carrée du nombre de vibrations par seconde de la première raie du groupe K. Il trouva une droite. La loi déduite de là permit de vérifier si, dans la série des éléments chimiques, il n'y avait plus de lacune en dehors de celles prévues jusqu'ici : notamment les numéros 43, 61, 72, 85 et 87.

D'autre part, les figures d'interférence obtenues avec les rayons X ont permis aux physiciens d'entrer profondément dans la connaissance de la structure cristalline. Donnons une idée de ces investigations intéressantes. Nous prendrons pour exemples les cristaux de sel gemme, NaCl, et les cristaux de sylvine, KCl.

La cristallographie apprend à leur sujet que ces corps cristallisent tous deux dans le système cubique ; c'est-à-dire que leur réseau cristallin est composé de cubes et possède la symétrie du cube. Mais on peut imaginer plusieurs répartitions des points matériels réalisant cette symétrie. Ainsi, chacune des dispositions de la figure 7 possède la symétrie du cube :

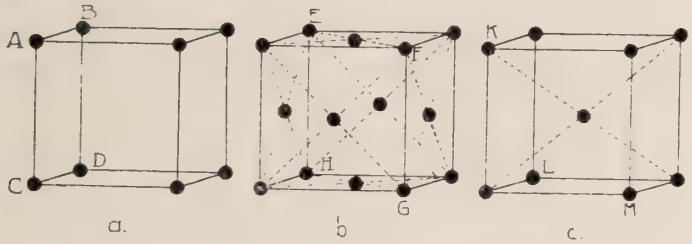

FIG. 7

cube a : les points matériels occupent les sommets du cube ;

cube b : outre les sommets, chacune des faces porte un point matériel au centre ;

cube c : aux particules des sommets s'en ajoute une au centre du cube.

La cristallographie ne dit donc pas laquelle de ces trois répartitions est réalisée dans les cristaux de sel gemme et de sylvine. De plus, quelles sont les masses matérielles distribuées ainsi aux sommets ou sur les arêtes des cubes élémentaires ? Sont-ce des *molécules* du composé binaire entièrement constitué NaCl, ou KCl, ou bien les deux composants sont-ils séparés dans le cristal, en sorte que certains points soient des *atomes* de Na ou de K, les autres, des *atomes* de Cl ?

Tels sont les deux problèmes auxquels la spectroscopie des rayons X apporte une solution.

Considérons dans chacun des trois cubes (fig. 7) :

1° les plans parallèles à une face du cube : plan ABCD ;

2° les plans passant par une arête et par une diagonale du cube : plan EFGH ;

3° les plans perpendiculaires à une diagonale : plan KLM.

Ces plans se désignent en cristallographie par les notations (100), (110), (111).

Soit d_{100} la distance de deux plans *successifs* du premier genre (100).

La géométrie élémentaire calculera aisément en fonction de d_{100} les distances d_{110} et d_{111} des plans successifs du second et du troisième genre. On trouve :

$$\text{pour le cube } a : \quad d_{110} = \frac{1}{\sqrt{2}} d_{100}; \quad d_{111} = \frac{1}{\sqrt{3}} d_{100}.$$

$$\text{pour le cube } b : \quad d_{110} = \frac{1}{\sqrt{2}} d_{100}; \quad d_{111} = \frac{2}{\sqrt{3}} d_{100}.$$

$$\text{pour le cube } c : \quad d_{110} = \frac{\sqrt{2}}{1} d_{100}; \quad d_{111} = \frac{1}{\sqrt{3}} d_{100}.$$

Il est utile de remarquer que les valeurs de ces rapports sont différentes pour chacun des trois cubes, et

caractéristiques de la distribution de matière qui correspond à chacun d'eux. Or, les spectres d'interférence obtenus par les rayons X vont, parmi ces structures possibles, nous imposer un choix.

Voici comment. Trois lamelles sont taillées dans le cristal, orientées respectivement suivant les directions (100), (110), (111), déjà considérées. On choisit un faisceau de rayons monochromatiques de rayons X, de longueur d'onde λ. Il est facile de le réaliser. On emploie une des radiations du platine, émise par une anticathode de ce métal et isolée, par réflexion sur un premier cristal, des autres radiations du platine. Ce faisceau, on le projette sur la lamelle taillée suivant l'orientation (100). La réflexion n'aura lieu que sous un angle ω_1, bien déterminé par la relation démontrée plus haut :

$$2d_{100} \sin \omega_1 = \lambda.$$

Répétons la même expérience au moyen des deux autres lamelles. Nous obtenons respectivement de nouveaux angles ω_2 et ω_3 vérifiant les relations :

$$2d_{110} \sin \omega_2 = \lambda,$$

$$2d_{111} \sin \omega_3 = \lambda.$$

De ces relations on pourra tirer, en les divisant membre à membre :

$$d_{110} = \frac{\sin \omega_1}{\sin \omega_2} d_{100}\,; \qquad d_{111} = \frac{\sin \omega_1}{\sin \omega_3} d_{100}.$$

La relation $2\,d_{100} \sin \omega_1 = \lambda$ permet d'ailleurs, λ et ω_1 étant connus, de calculer d_{100}.

Voici les résultats trouvés pour le sel gemme :

face	ω	$\sin \omega$	$\frac{d}{d_{100}}$	$\frac{d}{d_{100}} \sin \omega$
(100)	5° 22	0 0910	1	0 0910
(110)	7° 30	0 1272	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	0 0900
(111)	9° 05	0 1570	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	0 0906

La quatrième colonne indique donc clairement que la distribution des points matériels dans le sel gemme est celle du cube α, puisqu'on obtient pour les rapports les valeurs caractéristiques de ce cube.

Des résultats analogues indiquent la même structure pour la sylvine.

Ce résultat est remarquable, et voilà donc résolu le premier problème que nous avions posé sur la structure du cristal : la distribution de la matière dans le réseau cristallin est connue.

Il y a cependant, dans le spectre de réflexion sur la lamelle d'orientation (111) du sel gemme, une particularité, qu'on ne remarque pas dans son correspondant de sylvine. Notamment, on observe encore en deçà de l'angle 9°05, vers 4°47, un second rayon réfléchi, mais moins intense. Ce rayon manque dans la sylvine ou plutôt y est très faiblement indiqué.

L'explication de cette anomalie donnera la solution du second problème : faut-il placer aux sommets du réseau réticulaire des molécules ou des atomes ? Nous montrerons que ce second rayon réfléchi ne peut être expliqué, qu'en supposant que ce sont alternativement des atomes de Na et de Cl, et non des molécules, qui occupent les sommets du réseau, et cela dans l'ordre indiqué par la figure 8. Suivant les trois directions principales, celles des arêtes du cube, les atomes Na et Cl doivent alterner. Ce résultat est la conséquence d'une loi remarquable découverte par Bragg : l'intensité d'un

rayon réfléchi par une face déterminée du cristal est proportionnelle à la masse totale de matière que porte, par centimètre carré, un des plans réticulaires parallèles à cette face.

Or, premièrement, si les sommets étaient occupés, non par des atomes, mais par des molécules, les trois plans réticulaires, d'orientation (100), (110), (111), contiendraient le même nombre de molécules par centimètre carré ; donc, d'après la loi de Bragg, les rayons réfléchis par ces trois faces devraient avoir même intensité. L'expérience établissant le contraire, c'est que les sommets du réseau sont occupés non par des molécules, toutes de masses égales, mais par des atomes de masses différentes.

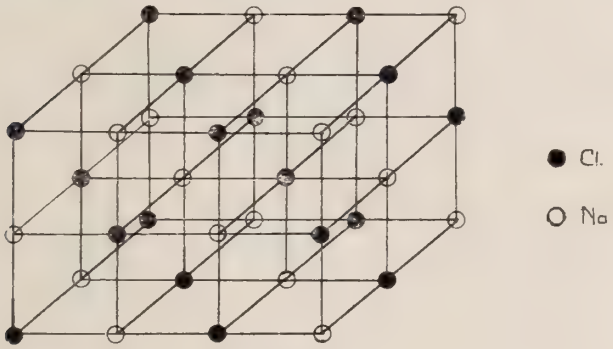

FIG. 8.

Il faut donc imaginer une disposition des atomes comme celle de la figure 8. On y voit clairement que les plans réticulaires, d'orientation (100) et (110), portent un nombre égal d'atomes Na et Cl, tandis que les plans réticulaires (111) portent alternativement, soit des atomes Na, soit des atomes Cl. Tous les plans réticulaires (100) et (110) réfléchissent donc les rayons avec la même intensité, tandis que deux plans réticulaires (111) successifs donneront des rayons d'intensités proportionnelles aux poids atomiques de Na et de Cl. On

aura donc à considérer, pour des rayons réfléchis par ces deux plans, l'interférence de deux vibrations d'amplitudes *inégales*.

Pour un angle ω tel que $2\,d_{111} \sin \omega = \lambda$, les rayons réfléchis par deux plans successifs interféreront en se renforçant, la seule particularité étant qu'ici les rayons qui se renforcent mutuellement n'ont pas la même intensité. Pour le sel gemme, cet angle est l'angle de 9°05, mentionné ci-dessus.

Mais nous avons dit plus haut que sous l'inclinaison de 4°47 on observait encore un rayon réfléchi plus faible. Quelle est son origine ? Supposons qu'au lieu de considérer une seule lame mince, nous en empilions un certain nombre, toutes de même épaisseur, et considérons d'abord les rayons réfléchis sur tous les plans de *rang impair*. La distance de ces plans est $2\,d_{111}$ et dans une direction ω', différente de ω, on trouvera interférence favorable, si

$$2 . 2\,d_{111} \sin \omega' = \lambda.$$

Il y aura donc un rayon résultant des réflexions sur les plans d'*ordre impair* dans la direction ω'.

Pour la même raison il y a, *dans la même direction* ω, un rayon résultant des réflexions sur les plans d'*ordre pair*.

Ces deux rayons résultants, se propageant dans la même direction, vont interférer. Sera-ce favorablement ou non ?

Remarquons que chaque rayon réfléchi sur un plan d'*ordre pair* est en retard sur le rayon réfléchi d'*ordre impair* voisin, d'un chemin équivalent à $2\,d_{111} \sin \omega'$.

Or, en vertu de la formule précédente,

$$2\,d_{111} \sin \omega' = \frac{\lambda}{2}.$$

Donc ces rayons, en retard l'un sur l'autre d'une demi-longueur d'onde, interféreront défavorablement.

Si les intensités de ces rayons sont égales, il y aura extinction totale. Si les intensités sont différentes, il y aura extinction partielle, l'intensité du rayon résultant étant la différence des intensités des rayons composants.

Or, dans le cas qui nous occupe, les plans réticulaires d'ordre pair du cristal portent exclusivement des atomes d'une espèce, les plans réticulaires d'ordre impair, des atomes de l'autre espèce. Si les poids atomiques des deux corps composants sont peu différents, ce qui est le cas pour la sylvine, où les poids atomiques de K et de Cl sont respectivement 39 et 35, les rayons réfléchis par les plans ne portant que du potassium auront une intensité à peu près égale à celle des rayons réfléchis par les plans portant le chlore. Aussi l'intensité résultante dans ce cas est-elle quasi nulle : le rayon réfléchi est à peine perceptible. Pour le sel gemme, au contraire, la différence des poids atomiques, Na (23) et Cl (35), est notable, et le rayon réfléchi, vers 4°47, est mieux marqué.

Conséquence remarquable : si ce sont les atomes qui déterminent la structure cristalline, les molécules sont donc dissociées dans le cristal. Il est, de plus, impossible de distinguer les paires d'atomes qui forment molécule, car, dans cette répartition régulière des atomes, on ne voit pas pourquoi tel atome de sodium serait plus lié à tel atome de chlore voisin, plutôt qu'à tel autre qui est situé à même distance de lui.

Cette méthode de détermination de la structure cristalline présente en pratique un grand inconvénient : elle suppose des cristaux bien formés et suffisamment développés pour qu'on puisse les tailler suivant des directions choisies. Scherrer et Debye ont étendu la portée de cette méthode en indiquant le moyen d'utiliser des cristaux microscopiques. Depuis lors, la structure cristalline a pu être étudiée sur un nombre beaucoup

plus étendu d'édifices cristallins. Au moyen de leur méthode, il est même possible d'analyser la disposition des atomes dans des molécules qui ne font pas partie d'une structure cristalline. On considère donc chaque molécule comme un petit cristal : en effet, dans chaque molécule les atomes sont groupés de la même façon et un ensemble de molécules constituera une multitude de groupements réguliers d'atomes. Ces conditions suffisent pour qu'on obtienne des phénomènes d'interférence, d'où l'on peut déduire la structure du cristal.

La structure cristalline du sel gemme, NaCl, une fois connue, on peut calculer la valeur absolue de la distance d_{100} des deux plans du cube élémentaire.

Cette distance est égale, en effet, à celle de deux atomes contigus sur une arête du cube.

Le poids d'une molécule-gramme de NaCl est 58,8 gr.

Le poids spécifique ou le poids d'un centimètre cube de la même matière est 2,17 gr. Donc une molécule-gramme occupe $\frac{58,8}{2,17} = 27$ cm³. Donnons à cette masse la forme d'un cube ; il a pour côté $\sqrt[3]{27} = 3$ cm.

D'autre part, on connaît le nombre de molécules contenues dans une molécule-gramme. C'est le nombre d'Avogrado : $6,06 \times 10^{23}$. Puisque la molécule considérée est biatomique, il y aura dans une molécule-gramme : $2 \times 6,06 \times 10^{23}$ ou $1,212 \quad 10^{24}$ atomes.

Le nombre d'atomes situés sur l'arête du cube sera donc $\sqrt[3]{1,212 \times 10^{24}} = 1,07 \times 10^{8}$.

La distance entre deux atomes s'en déduit donc facilement : $d_{100} = \frac{3}{1,07 \times 10^{8}} = 2,80 \times 10^{-8}$.

Une fois cette valeur déterminée, on passe aisément à la mesure absolue de la longueur d'onde employée.

En effet, dans la formule $2d_{100} \sin \omega_1 = \lambda$, il n'y a plus

que λ qui soit inconnu. Remplaçant d_{100} et $\sin \omega_1$ par leur valeur, on trouve, pour l'exemple cité, $0,499 \times 10^{-8}$ cm. (1).

C'est donc grâce aux cristaux que la physique moderne a pu établir définitivement la nature des mystérieuses radiations qui s'étaient dérobées si longtemps à toutes les investigations. Inversement les rayons X ont révélé d'une manière inespérée, la structure de l'édifice cristallin. Ils vont et ils iront plus loin encore : grâce à eux, la physique contrôle ses hardies prévisions sur la structure intime des atomes eux-mêmes. Mais l'exposé détaillé de ces récentes conquêtes sortirait du cadre que nous nous sommes tracé.

J. De Smedt,
Chargé de cours à l'Université de Louvain.

(1) Le lecteur que cette étude intéresse plus particulièrement trouvera de plus amples explications sur ce sujet dans les ouvrages ci-dessous, que nous avons consultés pour cet exposé :

H. A. Lorentz, *Rontgenstralen en Structure van Kristallen*, trois conférences arrangées par W. H. Keesom ; Archives du musée Teyler, série 2, vol. III.

W. H. Bragg et W. L. Bragg, *X Rays and Cristal Structure*, London, C. Bell and sons.

G. W. C. Kaye, *X Rays*, Longmans Green and C°, London.

VARIÉTÉS

I

LA MÉTALLURGIE AU LAC LÉOPOLD II ET DANS LA LUKENIE

Lors d'un séjour dans la région du Bongo, Elundja, fils du chef Mosengere Ebandja, attira un jour mon attention sur un tas de petits cailloux et de pierres concassées. « Ici, me dit-il, ont passé des gens qui possédaient encore le *Nkisi* (1) de l'extraction du fer de la terre. Ils ont traversé notre contrée quand j'étais encore dans l'oubli et que ma mère ne m'attendait même pas. Mon père m'a dit que personne ne pouvait s'approcher d'eux. Ils chantaient jour et nuit. Ils construisaient de grands fours en terre à poterie. La nuit, les hommes apercevaient jusque dans nos villages les flammes qui en sortaient et illuminaient tout l'horizon. Ils creusaient de grands trous en terre, en retiraient des pierres qu'ils transformaient ensuite en fer, après les avoir broyées à grands coups de marteau. Mon père le leur racheta pour en faire des couteaux, des lances et des flèches. Ces hommes ne sont pas restés dans notre pays. Avant de partir ils détruisaient toutes les installations, brûlaient leurs huttes, dont ils dispersèrent les cendres; mais les petits cailloux, les déchets des grandes pierres qu'ils ont concassées à grands coups de marteau sans jamais se fatiguer, nous rappellent l'endroit où ils se sont arrêtés et où ils ont fait agir leur *Nkisi*. Ces hommes venaient du pays de la grande rivière qui coule là-bas au loin et ils sont descendus vers la région où coule la Lufimi. Bien longtemps avant ma naissance, d'autres hommes, au même *Nkisi*, ont traversé notre pays et eux aussi sont allés vers la Lufimi.

(1) *Nkisi* = fétiche.

Maintenant ils ne passent plus et nous achetons le fer aux *Mundele na Mputu !* (1) Eux aussi possèdent-ils ce *Nkisi ?* »

Ultérieurement j'eus l'occasion d'interroger à ce sujet le père d'Elundja, vieux chef de la terre, et plusieurs notables très âgés. Tous confirmèrent le récit.

D'après leurs témoignages, eux et leurs ancêtres ignoraient le *Nkisi* de l'extraction du fer, mais les gens qui le possédaient avaient passé par le pays pour descendre vers la Lufimi.

Nous pourrions déduire de ce récit, que l'extraction des minerais de fer et le secret de la fonte étaient en principe un *Nkisi* exclusivement connu d'une caste spéciale de la société ancestrale, et exploité par elle seule.

Dans cette civilisation toute primitive et maintenant éteinte, cette caste doit avoir joui de grands avantages sociaux ; car la connaissance du *Nkisi* de la réduction du minerai de fer et son exploitation lui assurèrent évidemment une situation économique prédominante.

Cette caste comprenait vraisemblablement plusieurs classes. Celle des fondeurs et des forgerons occupait très probablement les places les plus importantes. Nous sommes portés à croire que ce fut de leur milieu que sortirent les grands chefs de la région, dont les potentats actuels sont les descendants héréditaires. Ce qui semble confirmer cette hypothèse, c'est qu'à l'heure actuelle encore, tous les chefs indigènes, depuis les *Mfumu* de villages, si peu importants soient-ils, jusqu'aux grands chefs terriens, les *Mfumu nat se*, sont des forgerons ou tout au moins savent forger le fer et ont le droit de pratiquer cet art.

Malheureusement nous n'avons pas trouvé d'autres documents nous permettant de soulever davantage le voile qui cache l'organisation sociale et politique de ces groupements d'artisans du fer dans la civilisation ancestrale.

La méthode d'extraction du fer des Basakata a déjà fait l'objet d'une description relativement complète dans l'étude des Lesa de M. Bayens. Voici ce qu'il dit à ce sujet : « Extrait du journal de route : Mushie, le 24 août 1919. A Makumu, Mushie, Kulumba, il y a des hauts-fourneaux. Celui que je visite (Mushie) est fait en argile, maintenu à l'extérieur par des rondins et entouré de lianes. La base est plus large que le dessus. Le dessus a deux mètres de diamètre, et la hauteur du sommet à l'orifice est de 2,50 m. Le trou servant de cuvette est placé à l'avant, il est ovale

(1) *Mundele na Mputu* = blanc de l'Europe.

et mesure en longueur 70 cm. et en largeur 40 cm. Il se termine, en bas, par un orifice de 30 sur 20 cm. Le haut-fourneau est placé sous un abri fermé de tous les côtés, avec une seule petite porte pour entrer.

» Il n'existe comme minerais connus que le minerai de fer. Il se trouve à peu de profondeur et les trous qu'on fait pour l'extraire ne dépassent jamais trois mètres de profondeur.

» La fonte requiert un personnel de onze personnes : le patron qui au moyen d'un bâton arrange les cendres et recueille la fonte, les souffleurs, au nombre de six, qui se relèvent deux par deux, deux hommes chargés du charbon de bois et deux hommes chargés d'écraser les puddings trop grands.

» Le minerai de fer est donc apporté à proximité du haut-fourneau. Deux hommes s'occupent d'écraser les pierres trop grandes au moyen de haches ou masses en fer ; deux autres remplissent la cuvette de charbon de bois, les autres placent le soufflet. Le feu est mis en activité pendant deux jours et deux nuits, le minerai jeté dans le brasier se fond et est recueilli en bas. Le fer fondu appartient au maître-fondeur, mais il en laisse une petite partie à ses aides en guise de salaire. D'ordinaire celui qui a fourni le charbon de bois a le plus.

» Le fer fondu devient alors un article de vente. Les forgerons des environs viennent l'acheter. Des particuliers viennent également l'acheter et le portent ensuite à leurs forgerons pour faire les objets qu'ils désirent » (1).

A cette description un peu écourtée, il convient d'ajouter quelques détails.

La fonte comprend en réalité trois opérations : 1° l'extraction du minerai ; 2° sa préparation ; 3° la réduction par le feu ou fonte proprement dite.

Lorsque le maître-fondeur a décidé de faire une coulée, il réunit tout le personnel attaché à ces fonctions et il s'en va construire le haut-fourneau. Toute la famille y coopère. Les femmes et les enfants pétrissent de la terre à poterie ; les hommes et les garçons coupent de gros rotins, des lianes et des herbes, tandis que le maître-fondeur délimite l'endroit où s'élèvera le haut-fourneau. Il y trace un grand cercle. Sur cette circonférence les aides viennent planter des rotins qu'ils relient entre eux au moyen de gros rotangs. Ils forment ainsi une espèce de grand entonnoir, dont la base présente un diamètre de 40 cm. tandis qu'au som-

(1) Fayens, Les Losa, Rev. Congolaise.

met la largeur varie entre 1 et 1,50 m. Contre les parois de cet entonnoir les indigènes viennent appliquer une première couche de terre à poterie, très argileuse, longuement malaxée et pétrie. Le lendemain, une nouvelle couche s'applique sur la première, puis cette opération se répète jusqu'à ce que le maître-fondeur, qui surveille l'opération, juge la paroi suffisamment épaisse. A ce moment il trace un nouveau cercle concentrique au premier et de 3 à 5 mètres de diamètre. Ses aides y plantent de nouveaux rondins de bois qu'ils tressent et relient les uns aux autres au moyen de fortes lianes, tout comme ils l'ont fait une première fois. Pour achever le travail, les interstices sont soigneusement bourrés de terre glaise et la paroi extérieure rendue le plus lisse possible. La claie extérieure présente également la forme d'un tronc de cône dont la base inférieure mesure de 3 à 5 mètres de diamètre et la base supérieure de 2 à 2,50 m.

Tout autour de ce bloc d'argile, haut de 2,50 m. à 2,75 m. et même parfois de 3 m., le maître-fondeur délimite une nouvelle ligne et y fait construire une forte palissade, fermée à tous les vents, et surmontée d'une large toiture très élevée. Une petite ouverture, que l'on peut fermer au moyen d'une porte glissière, sert d'entrée au sanctuaire et en constitue l'issue unique.

Aussitôt ce travail terminé, les femmes, les enfants et une partie des hommes sont renvoyés au village. L'accès de l'installation, voire même de ses abords, leur est très sévèrement interdit. Le maître-fondeur entre seul dans l'abri, ferme soigneusement la porte et ne sort qu'après avoir façonné le creuset et les trois ou quatre tuyaux-conduites où s'emboîteront ultérieurement les grands soufflets.

Au-dessus du creuset il ménage une ouverture ovale, creusée en forme d'entonnoir sectionné, dont la longueur varie entre 70 et 90 cm. L'orifice extérieur a un diamètre de 40 à 45 cm. de largeur sur 20 à 25 cm. de hauteur. Il se ferme au moyen d'une épaisse plaque d'argile. La cuvette-creuset forme un sillon incliné dont la partie la plus élevée se termine à la base de l'entonnoir central du haut-fourneau, tandis que l'extrémité inférieure arrive jusqu'à la paroi extérieure du fourneau. L'ouverture ovale, dont nous parlions tantôt, surplombe le creuset. Celui-ci a de 10 à 15 cm. de profondeur en moyenne.

Quand le haut-fourneau est achevé, le maître-fondeur fait apporter un grand tas de bois bien sec, charge le four et l'allume. Le feu est entretenu durant toute une journée. Pendant ce

temps, seul le maître-fondeur peut rester à l'intérieur de l'abri du haut-fourneau.

Cette opération a pour but d'obtenir une cuisson plus ou moins intense de la paroi intérieure du four. Ce revêtement réfractaire contribue beaucoup à augmenter le rendement calorifique du four.

Cependant les mineurs sont partis à la recherche du minerai de fer. Il est abondant dans toute la région ; son extraction est aisée : on ne doit guère creuser le sol à plus de deux mètres de profondeur pour découvrir un gisement riche en métal.

Le minerai est concassé sur place au moyen d'un gros marteau, puis entassé dans des paniers et apporté à pied d'œuvre à l'intérieur de la hutte du haut-fourneau. Le maître-fondeur y fait une sélection. Tout morceau trop volumineux est écarté et renvoyé aux mineurs pour être fractionné à nouveau.

La préparation du charbon de bois se fait dans la forêt d'après les instructions du maître-fondeur.

Lorsque tout ce qui est nécessaire à l'opération définitive a été soigneusement préparé, le maître-fondeur renvoie une partie de son personnel. Il s'enferme dans la hutte et, aidé de quelques initiés, commence immédiatement le chargement du four. Un homme monte sur la plate-forme, un autre lui passe un panier de charbon de bois et, tandis que le premier déverse les braises dans l'entonnoir vertical du haut-fourneau, le maître-fondeur, accroupi devant l'ouverture de la cuvette, surveille l'opération.

Après les premiers paniers, les aides déversent un panier contenant cette fois 2/3 de charbon de bois et 1/3 de minerai concassé. Alors le maître-fondeur allume le four ; les hommes chargés de manœuvrer les soufflets se mettent à l'œuvre et activent autant que possible le feu. Au fur et à mesure que le minerai est réduit et que le charbon de bois se consume, le maître-fondeur fait charger le four. Le mélange comprend cette fois du charbon de bois et des minerais concassés dans la proportion de 4 à 1.

Sous l'action du feu intense, il se produit à l'intérieur du fourneau une réaction analogue à celle que nous appliquons d'une façon méthodique et plus industrielle dans les installations modernes de nos centres métallurgiques. Le minerai de fer est réduit, le fer dégagé, fondu, descend très lentement et finit par couler dans la cuvette-creuset où il se refroidit et se solidifie. Le maître-fondeur surveille très attentivement toute l'opération.

donne des instructions aux hommes qui manœuvrent les soufflets, à ceux qui chargent le four, à ceux qui mélangent les minerais au charbon de bois ; en un mot, à lui seul, il dirige tout le travail, sans cependant y participer directement.

L'opération dure en moyenne deux jours et deux nuits. Elle se poursuit sans arrêts ni interruptions.

Pendant ce temps les hommes qui y collaborent ne peuvent quitter la hutte que pour satisfaire aux besoins naturels les plus urgents. Ils ne peuvent avoir la moindre relation avec les autres indigènes du village et, en particulier, toute relation sexuelle leur est sévèrement interdite.

Après l'opération, l'ensemble de la fonte est portée en dehors de l'enclos ; les scories sont séparées de la gueuse et le maître-fondeur fait le partage.

En théorie, il est, lui seul, propriétaire du fer fondu, mais la coutume veut qu'il en distribue une partie à ses aides en guise de rémunération ou de salaire. Il se réserve naturellement la part du lion. Après lui, le maître-charbonnier est le personnage le plus favorisé.

La fonte devient un article d'échange sans jamais acquérir le rang de monnaie. Les forgerons des villages voisins sont les principaux clients du maître-fondeur. Les particuliers ont, eux aussi, le droit d'acheter la fonte ou de l'échanger, si leurs moyens le leur permettent. Ils la remettront ultérieurement au forgeron de leur village pour en faire forger des couteaux, des pointes de flèches, des fers de lance et d'autres objets.

Les forges se rencontrent dans presque tous les villages indigènes. Le plus souvent le maître, c'est-à-dire le fondateur du village, en est aussi le forgeron. Nous avons observé ce fait à plusieurs reprises au cours de notre voyage. Dans la région des Mosengere notamment, nous avons visité différents centres nouvellement installés par un forgeron, sa famille et quelques unités qui s'étaient séparées du village ancien pour se grouper autour du nouveau chef et devenir les notables du nouveau village.

Les forges sont toujours installées au centre du village. A les voir, on se demande instinctivement si ce n'est pas autour de ces hangars que la population est venue se grouper, tout comme autour des clochers de nos villages se sont constituées les agglomérations primitives de nos cités d'Europe.

Contrairement aux abris des hauts-fourneaux hermétiquement clos, les hangars des forges sont toujours ouverts à tous les vents. Il arrive parfois que les indigènes y installent des bancs. Le toit est supporté par 12 à 20 gros pieux, solidement fixés en terre sur trois lignes parallèles. Le toit est recouvert de chaume, de *nse nse* (1) ou de tout autre matériel servant à la toiture des habitations. L'outillage des forges augmente avec l'importance du village. Il comprend, en principe, une grosse pierre à aiguiser, d'un grain sableux très caractéristique, un bac à eau, une pierre de nature ferrugineuse formant l'enclume principale, un foyer creusé en terre, un soufflet, deux enclumes en fer forgé, trois marteaux, deux pinces, un panier à charbon de bois et un balai.

Le soufflet de forge est en bois ou, plus rarement, en terre glaise séchée et durcie au soleil. Ce dernier type est le plus intéressant et semble le plus primitif.

Les premiers renseignements à ce sujet nous furent donnés par Allaeys, chef de poste à Tolo, et datent du 15 juillet 1911. Le Musée du Congo lui doit une belle série d'objets ethnographiques se rapportant à la métallurgie des Balesa de la Lukenie. L'expéditeur se bornait à nous signaler que les soufflets de forge sont généralement découpés dans un bloc de bois, mais qu'ils peuvent être fabriqués également en terre glaise séchée au soleil.

Lors de notre voyage, nous avons cherché autant que possible à compléter ces données sommaires. Les soufflets en terre durcie au soleil sont effectivement bien rares. Nous les avons retrouvés seulement chez les Mosengere, les Basakata, les Ipanga et les Batitu.

Que le soufflet soit en terre glaise ou en bois, son élément constitutif est une cuvette fermée à sa partie supérieure par une membrane souple non-tendue et en communication par une tuyère avec le fourneau. Au centre de la membrane est adaptée l'extrémité d'un long bâton, au moyen duquel l'artisan imprime à la membrane un mouvement de va-et-vient qui, alternativement, aspire l'air dans la cuvette et le refoule vers le foyer.

Un soufflet de forge est formé par la réunion de plusieurs de ces cuvettes ayant chacune sa tuyère particulière. On devine la raison de cette disposition : l'indigène imprime aux bâtons qui

(1) Feuilles de palmier.

commandent les membranes un mouvement alterné, soulevant l'un tandis qu'il abaisse l'autre. Si les tuyères communiquaient entre elles, ce mouvement aurait uniquement pour effet de refouler l'air alternativement d'une cuvette dans l'autre sans profit pour le foyer. D'où il résulte que chaque cuvette doit avoir sa tuyère distincte qui se prolonge isolément jusqu'au foyer.

D'après les renseignements envoyés par Allaeys, certains soufflets de forge ont 2, 4, 6, et parfois 8 cuvettes. Le plus grand soufflet de forge du secteur de Tolo serait, d'après les recherches du même agent, celui du forgeron fondeur du village de Kulumbuma de la chefferie de Belewe, dans la région de Balesa (Doss. Ethn. 220). Il ne mesure pas moins de 5 mètres de longueur, est monoxyle et possède 14 cuvettes ayant chacune un tuyau d'échappement spécial et complètement isolé.

Dans la région dont nous nous occupons, le type de soufflet d'usage courant est à deux compartiments. Les soufflets à quatre compartiments n'ont été signalés jusqu'à présent que chez les Banfumungu, les Tumba, les Basakata, les Balesa, les Bokala, les Bankutu et les Basongo-Meno. Chez les Banfumungu, nous n'avons d'ailleurs pu retrouver qu'un seul exemplaire de ce type, notamment au village de Bomu. Les indigènes que nous avons interrogés à ce sujet, nous ont assuré que ces soufflets existaient jadis dans toute la région et que plus loin à l'intérieur certains forgerons s'en servaient encore.

Ce ne fut qu'à grand'peine que le chef de Bomu voulu bien se défaire de son soufflet. Celui-ci constitue l'unique spécimen de ce genre connu jusqu'à présent provenant de cette région. Comparé aux soufflets du même type mais provenant de la région du Lac Léopold II, celui-ci est notablement plus petit; les bâtons servant à activer ses soufflets sont plus courts et plus minces.

L'existence de ce soufflet nous paraît, malgré ces différences de structure, un indice très caractéristique des relations ethniques qui unissent cette tribu aux populations situées plus au Nord. L'identité d'un caractère aussi particulier, spécialement lorsqu'il s'agit d'un objet dont la fabrication est réservée à certains éléments spéciaux de la société de ces primitifs, ne peut, à notre avis, s'expliquer par le fait d'un hasard. Nous y voyons une preuve de la communauté d'origine de ces différentes populations.

Le soufflet en bois est creusé tout entier dans un bloc massif, généralement dans une section de *Lomo*, bois relativement tendre, léger et facile à travailler. Le bloc de bois est équarri au moyen de l'herminette et de la hachette ; les excavations ou cuvettes, creusées d'abord par le feu, sont ensuite élargies au moyen d'une petite hachette et du couteau ; les tuyaux d'échappement sont forés au moyen d'une longue tige en fer chauffée à blanc. Ce dernier travail est très délicat. Il demande beaucoup d'attention et d'expérience, spécialement lorsque le soufflet est à nombreux compartiments.

Les soufflets en terre durcie ne diffèrent guère, pour leur forme, des soufflets en bois.

Le forgeron moule le soufflet de forge sur place et à terre. La terre glaise est mélangée à des fibres de bananier de façon à lui donner un certain liant et de la consistance. Les cuvettes sont creusées séparément.

Les conduites s'obtiennent en plaçant, à l'intérieur de la masse, des bâtons préalablement mouillés, que l'on retire aussitôt que la terre commence à se sécher et à durcir. Le soufflet en terre glaise adhère donc au sol et ne peut être déplacé.

La membrane flexible est faite de feuilles de bananier surtout chez les Basakata et les Balesa, ou découpée dans du cuir d'antilope, préalablement assoupli dans l'eau. Pour cet usage, le cuir d'antilope *Buluku* est particulièrement recherché.

Le soufflet de forge construit en bois présente l'inconvénient de ne pas résister au feu du foyer de la forge. Le tuyau d'échappement prend rapidement feu et le soufflet lui-même serait vite brûlé, si l'indigène n'était arrivé à remédier d'une façon adéquate à ce grave défaut. Il a construit une galerie souterraine dont l'un des orifices aboutit au foyer de la forge tandis que l'autre extrémité sert à y adapter le tuyau du soufflet de forge. Cette tuyère fixe forme corps avec le soufflet proprement dit, lorsque ce dernier est construit en terre glaise. Ce système présente cependant le grand inconvénient d'être fixe; car, dans son travail, le maître-forgeron doit déplacer de temps à autre le centre d'activité du foyer. Aussi en est il vite arrivé à remplacer la conduite fixe par une tuyère mobile faite en terre à poterie. Très souvent cette tuyère protectrice est durcie au feu et même cuite. Le Musée du Congo belge en possède plusieurs spécimens.

Chez les Basakata, les Balesa et les Mosengere, la tuyère en terre glaise séchée au soleil est encore très en vogue. Chez les Wadia, les Tumba, les Basongo-Meno et les Bankutu, au con-

traire, les tuyères en terre cuite prédominent. Certaines d'entre elles, celles qui proviennent des Wadia et des Tumba, sont très souvent ornées de dessins en bandes ou cercles concentriques, motif qui caractérise les poteries et gargoulettes de cette région.

Il existe également un peu partout des tuyères dont l'une des extrémités est cuite par suite du séjour dans le foyer de la forge. Il est possible que l'observation de ce fait et des avantages qui s'y rattachent amena les forgerons à donner la préférence à la cuisson complète des tuyères.

La pâte employée dans la fabrication des tuyères diffère notablement de celle dont se servent les femmes pour façonner leurs poteries. Elle est moins bien gâchée, moins malaxée et peu travaillée. Pour la rendre solide et lui donner le liant indispensable, le maître-forgeron y mélange des fibres de bananier et de palmier. Une fois la pâte préparée, l'artisan la roule en forme de cylindre plus ou moins long, de diamètre peu considérable. Par l'une des extrémités le maître-forgeron passe un bâton préalablement trempé dans l'eau. L'autre bout est évasé et modelé en forme d'entonnoir. L'ensemble est ensuite mis à sécher à l'ombre. De temps à autre le maître-forgeron imprime un mouvement de rotation au bâton placé à l'intérieur, de façon à bien mouler la conduite du tuyau et à pouvoir retirer le bâton au moment propice sans courir le risque de briser l'outil. Certains tuyaux sont consolidés par une charpente en éclats de bambou.

Pour se servir de la tuyère le maître-forgeron en place l'extrémité au centre du foyer de la forge, tandis que la conduite du soufflet de forge vient s'emboîter dans l'entonnoir. Il réserve entre les deux un espace de 1 à 1 1/2 centimètre de largeur. L'air entre par aspiration dans les cuvettes du soufflet en passant par cet interstice ; il est chassé ensuite en sens inverse et passe alors en ligne droite par la tuyère jusqu'au foyer de la forge.

Le forgeron a grand soin de son soufflet de forge. Il s'en sert le plus longtemps possible et, plutôt que d'en construire un nouveau, il arrive fréquemment qu'il répare au mieux les avaries survenues, en y appliquant de la terre à poterie.

Généralement le maître-forgeron refuse de vendre ou de céder son soufflet de forge. Plus d'une fois il nous est arrivé d'encourir un refus net lorsque nous voulions acquérir l'un ou l'autre spécimen. Là où nous parvenions à conclure le marché, le maître-forgeron n'acquiesça à notre demande qu'entraîné par l'appât du grand prix que nous lui en offrions. Chaque soufflet de forge

nous coûta au moins 25 francs. Or tout Européen qui a séjourné dans la région du Lac Léopold II, comprendra ce que 5 *pata* représentent aux yeux des indigènes. Pour en faire saisir l'importance, disons seulement que le salaire d'une journée de portage est fixé à 0.50 f. Calculé sur cette base le plus petit soufflet de forge que nous ayons pu acquérir représente 50 journées de ce dur travail. Le prix élevé des soufflets de forge résulte à la fois, à notre avis, de la grande difficulté de sa construction, de sa rareté et de sa signification ou de son rôle social. Seul le maître-forgeron peut posséder un soufflet de forge. Lui seul a le droit de le fabriquer. Le nombre de compartiments ou cuvettes et la grandeur du soufflet doivent être en rapport avec l'importance du groupement auquel il servira. De ceci, il résulte que cet objet est à la fois un objet précieux et un indice de la dignité du forgeron. Il symbolise en quelque sorte encore l'importance du groupement auquel il est attaché.

Le soufflet de forge doit toujours rester sous le hangar public où est installée la forge. Jamais il ne peut être remisé dans une hutte indigène, pas même dans celle du maître-forgeron. Le maître-fondeur, au contraire, a la possession de ses soufflets et les emporte avec lui quand le feu du haut-fourneau est éteint.

Outre le soufflet, l'outillage de la forge comprend encore, nous l'avons dit, différents instruments.

L'enclume principale ou grande enclume est constituée par un gros bloc de limonite et parfois même par un affleurement naturel de même nature. Cette enclume n'est principale que par son volume ; elle ne sert en réalité qu'au gros travail, au premier dégrossissement du fer, à la réduction de la fonte et à la mise en œuvre de l'outil à fabriquer.

Les autres enclumes sont en fer forgé. Seul le maître-forgeron connaît le secret de leur fabrication ; lui seul en est propriétaire. Leur forme diffère assez peu d'un endroit à l'autre. Elle se réduit à une forte masse, à surface plate à la partie supérieure, prolongée par un tenon de forme conique généralement assez allongé. L'enclume se fixe en terre, la surface plane inférieure sert plus spécialement à empêcher l'outil de s'enfoncer dans le sol pendant le travail. Remarquons en passant qu'il arrive que le forgeron emploie ces enclumes en guise de marteau. Seul le maître-forgeron peut ainsi s'en servir.

Dans certaines régions, l'enclume se fixe dans un socle en

bois de forme rectangulaire, très allongé, plat et muni d'une ou deux ouvertures servant à y encastrer l'enclume.

La surface plane supérieure est généralement incisée de lignes transversales entrecroisées, tracées au moyen d'une petite hachette à lame très dure, outil très rare et très recherché que le maître-forgeron cache avec un soin jaloux.

Certaines enclumes de moindre volume sont fixées dans une planche grossièrement équarrie. Ces enclumes servent plus spécialement à achever les objets en fabrication. Leur surface supérieure est également incisée. Ces mêmes incisions se représentent d'ailleurs sur la majeure partie des marteaux employés dans toute la région. Elles ont pour but d'empêcher les glissements au cours du travail.

Les marteaux sont, comme les enclumes, en fer forgé et fabriqués par le forgeron lui-même. Ils sont généralement constitués par une pièce de forme cylindrique, conique ou tronconique. L'une des bases, et très souvent les deux, sert à battre le fer. Nulle part nous n'avons rencontré le marteau à manche ; le forgeron tient en main la masse de fer elle-même. Le marteau de forme conique ne peut, de par sa forme même, être employé comme marteau double ; son extrémité aiguë sert à perforer les lames de couteau ou autres objets, et parfois à les ornementer. L'outil forme ainsi un marteau-poinçon.

Il arrive cependant très régulièrement que le forgeron se sert d'un poinçon spécialement adapté à cet usage particulier. Cet outil est formé par une petite tige en fer de forme conique allongée bien trempée, parfois emmanchée dans un tenon en bois très dur. Le forgeron se sert parfois de ce poinçon pour graver des dessins sur les objets, quoiqu'il emploie de préférence le burin indigène. C'est avant tout à ce dernier qu'il a recours lorsque les motifs à graver sont relativement fins et réguliers. Le poinçon ou ce qui en tient lieu est encore utilisé pour former le moule destiné à la fabrication des pointes de flèches et des fers de lance.

Le fer chauffé ou l'outil en fabrication est retiré du feu, placé sur l'enclume et manié pendant le travail au moyen de pinces en bois ou en fer. Ces derniers outils ne méritent le nom de pince, que pour autant qu'on n'envisage que leur rôle et leur usage. Ils sont formés par une tige en fer ayant la forme d'un cône creux. La pointe est encastrée dans un manche en bois généralement assez long. L'objet à forger est pris dans le creux du cône et manié par un jeu de bascule et de levier qui nécessite

une grande dextérité. Cette habileté remarquable du forgeron ne peut s'expliquer que par une longue expérience. Nul ne songe d'ailleurs à mettre en doute l'habileté manuelle des artisans indigènes. Au reste, pour s'en assurer et pour juger de leur talent, il suffit d'avoir vu les produits de leur travail. Mais seul celui qui les a vus à la forge indigène, manier leurs outils primitifs et forger, avec ces faibles moyens, les magnifiques couteaux de cérémonie, les fers de lance, les rasoirs minuscules, etc., peut se former une idée exacte du savoir-faire du *motori*.

Le travail du fer est régi par des règles qu'il est intéressant de signaler en terminant. Avant tout, la fonte qui sort des hauts-fourneaux indigènes doit être purifiée et forgée en forme de barre de fer. A ce travail, le groupe tout entier des forgerons du village collabore. Les apprentis allument le foyer placent tuyères et soufflets de forge et activent le feu pendant l'opération Le lingot de fer est chauffé à blanc, retiré du feu au moyen de pinces en bois, trempées au préalable dans l'eau, et placé sur la grande enclume. Tout autour de celle-ci les forgerons et les novices sont groupés, assis. Chacun tient son marteau dans la main et, à tour de rôle, les marteaux viennent s'abattre sur le lingot. Ce travail se fait avec une régularité qui ferait honneur à plus d'un ouvrier civilisé. Le maître-forgeron dirige le travail, le surveille, donne des indications, mais ne collabore pas directement au battage. Le fer, battu à grands tours de bras, voit s'éliminer rapidement les impuretés. L'ouvrier travaille tantôt de la main droite, tantôt de la main gauche et, chose remarquable, il le fait avec une régularité qui ne se ressent nullement du changement. Quand le fer s'est refroidi, il repasse au feu ; les soufflets sont remis en activité, le feu se ravive et le lingot est de nouveau chauffé à blanc. Tout ce travail s'accompagne d'une mélopée qui nous a parue monotone au possible, mais que les indigènes adorent. Elle rythme la cadence, règle les mouvements et fait oublier la fatigue. Les barres purifiées servent ultérieurement à la fabrication des outils. Suivant la nature de ceux-ci et l'état d'avancement ou d'achèvement de l'objet, le maître-forgeron, les forgerons, les initiés et les novices peuvent participer au travail. Le maître-forgeron achève toujours les objets de cérémonie ou les insignes de dignité. Les forgerons terminent avec lui les armes. Les initiés peuvent collaborer à l'achèvement des outils d'usage courant, tandis que les novices ne peuvent participer au travail que jusqu'au moment où la forme de l'objet se dessine nettement. Cette

organisation, ou, pour être plus exact, cette division du travail est à peu près la même dans toute la région que nous avons parcourue.

J. Maes,
Chef de la Mission ethnographique du Congo Central,
Conservateur au Musée du Congo Belge.

II

L'avenir du caoutchouc et l'exploitation des caoutchoutiers cultivés

Durant la longue occupation du territoire belge par les troupes allemandes, la question du caoutchouc, qui préoccupait à juste titre les Puissances centrales, privées de leurs apports, ne nous a pas laissés indifférents. Nous avons suivi les fluctuations de ce produit avec d'autant plus d'intérêt que nos nationaux avaient investi, avant la guerre, dans diverses régions tropicales, en particulier dans les Indes Néerlandaises, à Java et surtout à Sumatra, des capitaux considérables pour lesquels ils n'étaient pas sans inquiétudes.

Nos capitalistes, en effet, redoutaient, d'un côté, une surproduction qui devait amener indiscutablement la baisse du caoutchouc, de l'autre, l'invasion du caoutchouc « synthétique », créé de toutes pièces dans les laboratoires et qui, au dire de certains, allait, entre les mains des Allemands et des Russes, révolutionner l'industrie et porter un coup mortel au caoutchouc naturel.

Cette courte étude démontrera que ni le spectre du caoutchouc synthétique, ni le spectre de la surproduction ne doivent nous émouvoir.

M. le Prof. Tschirch, de Zurich, s'est préoccupé de l'étude des divers caoutchoucs naturels et du synthétique. Il conclut que le terme « caoutchouc synthétique » est incorrect, car la synthèse n'a donné qu'un seul des constituants du caoutchouc, celui qu'il

dénomme « caoutchoucgutta », et qui est un des constituants des caoutchoucs naturels d'*Hevea* et de *Manihot*. Mais la structure intime si particulière du vrai caoutchouc, qui donne à ce produit sa supériorité, ne sera probablement que bien difficilement reproduite (1).

D'ailleurs, jusqu'à présent, ce produit artificiel n'a pas donné les brillants résultats que certains promettaient. Si, à la dernière Exposition du caoutchouc, tenue à Londres en 1914, au moment de l'assassinat de l'héritier du trône d'Autriche, ce produit de synthèse était représenté par quelques échantillons conservés sous verre, les exposants eussent été bien embarrassés de fournir aux acheteurs quelques tonnes de ce produit.

Le « synthétique » peut être considéré, pour le moment du moins, comme ayant fait banqueroute, et rien ne fait prévoir qu'il doive se réhabiliter de sitôt.

La question de la surproduction mérite un examen plus approfondi.

Les conditions dans lesquelles se présente aujourd'hui l'industrie caoutchoutière sont complètement différentes de celles que l'on aurait eu à exposer il y a quelques années. La production du caoutchouc a profondément modifié dans ces dernières années la géographie économique des régions tropicales, et tout incite à prédire que les cultures de caoutchoutiers s'étendront de plus en plus.

Si autrefois le caoutchouc était produit surtout par l'exploitation de plantes sylvestres, et provenait en majeure partie de l'Amérique du Sud (Brésil, Amazonie) et de l'Afrique centrale (Congo), ce sont actuellement les *plantations industrielles* d'essences caoutchoutières de la Malaisie anglaise, de Sumatra, de Java qui fournissent de loin la plus grande quantité de caoutchouc.

Les quelques chiffres ci-dessous, quoique approximatifs, mettent en parallèle la production des plantations artificielles et celle des forêts naturelles du Brésil et font bien voir le rapide accroissement de la première production (2) :

(1) Cf. A. Tschirch dans SCHWEIZ. CHEM. ZEITUNG, 1919, pp. 153-156 et dans THE INDIA RUBBER JOURNAL, novembre 1, 1919, p. 17.

(2) Cf. PRIMROSE, 19 déc. 1909, n. 8, p. 278.

	Forêts du Brésil	Plantations
1907	38 000 tonnes	1 000 tonnes
1908	39 000 »	1 800 »
1909	42 000 »	3 600 »
1910	40 000 »	8 200 »
1911	37 700 »	14 400 »
1912	42 400 »	28 500 »
1913	39 400 »	47 600 »
1914	37 000 »	71 400 »
1915	37 200 »	107 900 »
1916	36 500 »	152 700 »
1917	39 400 »	210 000 »
1918	33 400 »	215 000 »
1919 (estimation)	30 000 »	320 000 »

Certes le Brésil peut continuer à fournir son apport de caoutchouc, très estimé d'ailleurs comme qualité. Et l'on peut même espérer, les conditions d'exploitation devenant plus favorables, des voies de communication pouvant être créées, des colonies d'exploitation capables de fournir une main-d'œuvre abondante pouvant être fondées dans la zone caoutchoutière brésilienne, que les forêts brésiliennes verront augmenter notablement leur production de gomme élastique.

L'avenir est pourtant aux plantations proprement dites, avec culture rationnelle et application des méthodes de la science agronomique. Voici, en effet, quelques données significatives.

La culture de la principale espèce parmi les plantes caoutchoutifères a été croissante durant ces dernières années, et, pour le prouver, il suffira de citer les chiffres relatifs à la superficie consacrée en 1917 à la culture de l'Hevea, et de les mettre en opposition avec les superficies, plantées en 1918 et 1919.

Superficie plantée en caoutchoutiers

	1917	1918	1919
Malacca, Malaisie	780 000 acres	800 000 acres	800 000 acres
Indes Néerlandaises	650 000 »	700 000 »	700 000 »

(1) Cf. The Statist., sept. 1919 et Ned. Ind. Rubbertijdschrift, 15 nov. 1919, p. 532.

Ceylan	290 000 acres	300 000 acres	300 000 acres
Indes anglaises et Birmanie	50 000 »	55 000 »	55 000 »
Bornéo	40 000 »	50 000 »	50 000 »
Colonies allemandes	10 000 »	8 000 »	8 000 »

D'autres statistiques donnent pour la surface mondiale plantée :

	Surface totale en acres	Augmentation annuelle en %
1905	116 500	—
1906	249 200	139 6
1907	506 550	72 1
1908	687 350	35 6
1909	861 150	25 3
1910	1 122 550	30 3
1911	1 505 350	34 1
1912	1 807 350	20 7
1913	2 021 750	11 3
1914	2 181 050	7 8
1915	2 293 750	5 2
1916	2 488 450	7 2
1917	2 611 350	6 2
1918 (estimation)	2 759 950	5 6

Si l'on veut se rendre compte des extensions durant ces dernières années, par exemple aux Indes Néerlandaises, il suffira de rappeler qu'en 1910 il existait à Java 187 plantations, couvrant 49 035 bouws (1 bouw = 0,75 hectare), et qu'en 1913 il y en avait 332, couvrant 124 398 bouws.

En 1918, à Java, la surface cultivée comportait :

Hevea	157 770 bouws
Ficus	5 684 »
Castilloa	1 360 »
Ceara	1 666 »

Si l'on veut se rendre compte, d'autre part, de la valeur de ces plantations, il suffira de jeter un coup d'œil sur les

(1) Nederl. Rubbertijdschrift, 15 nov. 1914, p. 513.

capitaux engagés dès 1913 dans des cultures caoutchoutières, capitaux qui ont notablement augmenté depuis.

	Java	Sumatra	Bornéo	Riouw	Total
		(en florins hollandais)			
Capital Hollandais	17 753 000	46 797 500	2 000 000	—	66 550 500
» Anglais	89 004 000	71 720 400	13 879 008	4 446 300	179 069 900
» Belge et Français	20 700 000	8 380 080	—	1 000 000	30 080 000
» Allemand	1 300 000	360 000	—	—	1 660 000
» Suédois	—	420 000	—	—	420 000
» Américain	—	—	—	1 000 000	1 000 000
					278 780 400

Il n'est pas étonnant dès lors que la production du caoutchouc soit en progression rapidement croissante, comme on peut d'ailleurs le constater sur le tableau ci-dessous.

On y remarquera, entre autres choses, que, depuis le début de la guerre, la production mondiale du caoutchouc a triplé.

Production mondiale du caoutchouc

	Plantations	Brésil Pérou, Bolivie	Divers	Total
		(en tonnes de 1000 kil.)		
1906	510	36 000	29 700	66 220
1907	1 000	38 000	30 000	69 000
1908	1 800	39 000	24 600	65 400
1909	3 600	42 000	24 000	69 000
1910	8 200	40 800	21 500	70 500
1911	14 419	37 730	23 000	75 109
1912	26 518	42 410	28 000	98 927
1913	47 618	39 370	21 452	108 440
1914	65 000	32 000	10 000	107 000
1915	106 136	37 220	11 780	150 987
1916	152 650	37 000	15 000	202 500
1917	213 070	39 370	13 258	265 698
1918	200 950	30 700	9 929	141 579
1919	250 000	33 000	10 000	273 000
1920	—	—	—	340 000

Cette production rapidement croissante ne menace-t-elle pas de devenir à bref délai surproduction ?

Tout fait penser que ce danger n'est pas à craindre. La consommation du caoutchouc augmente dans une proportion égale à la production. Les chiffres qui suivent sont suggestifs à cet égard.

Consommation mondiale du caoutchouc

(en tonnes de 1000 kil.)

	1914	1915	1916	1917
Amérique	61 240	97 000	114 000	175 000
Canada	1 700	3 600		
Angleterre	18 000	17 981	25 000	26 000
Russie	11 610	13 000	20 000	7 500
France	5 600	11 000	8 500	17 000
Italie	4 000	7 000	4 000	7 000
Japon et Australie	2 400	2 000	5 000	4 600
Belgique	630	—	—	—
Scandinavie	2 400	2 400	—	5 323
Allemagne et Autriche	13 400	6 000	1 500	3 000
	120 980	159 981	178 000	245 423

Il est fort probable que la distribution de la consommation se modifiera dans un avenir prochain.

La campagne menée par divers pays pour transformer sur place les produits bruts en produits manufacturés sortira ses effets dans un avenir plus ou moins prochain, et nous verrons des pays, comme le Sud de l'Afrique et le Japon, acquérir plus d'importance comme acheteurs du caoutchouc brut (1).

Au Japon, il s'est même constitué une association de commerçants en caoutchouc brut de Osaka et de Kobe sous le titre « The Hanshin Cromu-Genrio Dogio-Kai » (2).

Les usines japonaises auraient reçu dans ces derniers temps du Gouvernement sibérien des commandes importantes, pour une valeur de plus de 600 000 yens, et auraient résolu de fournir ces commandes en coopération : les principales usines : Mitado, Nippon, Toyo et Meji se réunissant afin d'éviter une concurrence

(1) Cf. Tropical Life, april 1919, p. 58.
(2) Cf. Nederl. Ind. Rubbertijdschrift, 15 nov. 1919, p. 524.

inutile et de pouvoir à leur tour concurrencer la *Dunlop Rubber Company* de Kobe.

Les Japonais auraient même créé à Bornéo (Bandjermasin) une fabrique *Dutch Borneo Rubber Industry Company*, au capital de 500 000 livres sterling, avec capacité provisoire de transformation mensuelle de 1000 picols de caoutchouc brut.

Malgré la production intensive, il ne faut pas craindre de voir se constituer d'ici longtemps des stocks notables de caoutchouc, car ce produit sera employé en grandes quantités.

La construction des automobiles qui utilise aux États-Unis de l'Amérique du Nord une quantité de plus en plus considérable de caoutchouc, ira se développant encore. En 1917, le nombre de ces véhicules fabriqués en Amérique du Nord atteignait le chiffre considérable de 2 015 000 autos. Ce nombre devra augmenter par suite de la situation dans laquelle on se trouve en Europe, où les moyens de transport manquent. On sait qu'aux États-Unis on comptait, en 1916, un auto par 29 habitants. Au premier juillet 1917, un auto par 24 habitants ; tandis qu'avant la guerre on comptait un auto par 60 habitants.

Pour doter l'Europe d'une quantité d'autos équivalente (1 par 60 habitants), il faudrait 8 000 000 d'autos, 24 fois autant qu'avant-guerre. Pour l'Asie, en calculant sur la même base, il en faudrait 16 000 000.

Cette quantité de véhicules consommera une quantité formidable de caoutchouc, rien que pour les bandages pneumatiques.

Il ne faut pas oublier d'ailleurs que ce n'est pas pour l'automobile seul que le caoutchouc est nécessaire. Il y a bien d'autres industries dont la consommation est loin d'être négligeable : bottes et souliers, courroies, tuyaux, habillement, ustensiles médicaux, porte-plumes, etc.

Nous avons d'ailleurs vu depuis l'armistice la *Rubber Grower's Association* offrir des primes importantes, une de 1000 livres, trois de 500 livres et dix de 100 livres, à ceux qui présenteront des idées nouvelles pour l'utilisation de plus en plus extensive du caoutchouc.

Loin de craindre la surproduction, il importe donc que les financiers et les planteurs mettent en jeu toutes leurs ressources pour enrayer les causes qui limitent la production et pourraient la menacer sérieusement.

Au début des cultures, on pouvait se contenter d'exploiter les plantes sans se soucier beaucoup des conditions physiques et

chimiques du sol, sans s'inquiéter des maladies, sans songer à précipiter plus ou moins rapidement l'épuisement de la culture.

En avril 1919, M. Gordon Stanley Reis, de Sumatra, dans une étude qu'il intitulait *Notes on rotation as affecting the future of rubber estates* (1), se basant avec raison sur le traitement que l'on fait subir à l'*Hevea* pour lui enlever son latex, arrive à la conclusion qu'un moment arrivera où le latex ne coulera plus et où l'arbre mourra.

Parmi les maladies dont souffrent les essences à caoutchouc, il est probable qu'il en est de caractère non infectieux, mais véritablement physiologique. Car enfin, le latex d'une plante à caoutchouc n'a pas été créé uniquement pour notre usage. Il joue son rôle dans l'économie de l'organisme végétal et son enlèvement doit causer une perturbation dans son économie.

C'est, d'ailleurs, ce que prétendent certains chercheurs. M. Harmsen n'a pas hésité, par exemple, à tirer de ses études cette conclusion : la maladie connue sous le nom de « Bruine binnenbast », qui se rencontre uniquement sur les arbres en exploitation, est occasionnée par un enlèvement trop considérable de latex.

Il conviendrait, d'après lui, de modifier les modes d'exploitation, ce qui ne devra être fait qu'après des études nouvelles. Car, comme le dit avec raison notre auteur, les résultats de ses recherches provoquent de nouvelles recherches (2).

En outre, dans les plantations en plein rapport, se déclarent et se propagent rapidement, au détriment du rendement, de multiples maladies d'origine parasitaire.

Autrefois, on signalait les dégâts faits aux plantations d'*Hevea* par les *Termites*, par un champignon, le *Fomes*, et par une maladie « Dieback », due à un autre champignon. Mais les autres maladies n'existaient qu'à l'état sporadique. Aujourd'hui, on doit enregistrer un bien plus grand nombre de maladies généralisées, s'attaquant, soit aux feuilles, soit au tronc après saignage, tel le « Brown Bast », soit aux racines.

Rappelons ici quelques-unes de ces maladies parmi les principales :

Pink Disease *(Corticium salmonicolor)* ; Dieback *(Diplodia*

(1) Cf. INDIA RUBBER JOURNAL, 5 avril 1919, p. 19.

(2) Harmsen, *Nadere onderzoekingen omtrent de bruine binnenbastziekte van Hevea*, in NED. IND. RUBBERTIJDSCHRIFT, 15 mars 1919, p. 9.

Cf. NEDERLANDSCH-IND. RUBBERTIJDSCHRIFT, 1 sept. 1919, p. 332, et PRIMROSE, 19 oct. 1919, p. 198.

cacaoicola, Botryodiplodia Theobromae) ; Root Disease *(Fomes semitostus)* ; Stripe Canker, Black Thread (Phytophthora Faberi) ; Stem Disease *(Pestalozzia Palmarum)* ; Root Disease *(Sphaerostilbe repens)* ; Brown Bast, Dry Rot *(Ustulina zonata)*.

Mais il faudrait, sur ce sujet vital, multiplier et poursuivre les expériences ; et c'est aux planteurs à pousser, avec méthode et esprit de suite, les recherches théoriques et pratiques ayant pour but d'entraver la pullulation des champignons parasites.

Les considérations qui précèdent appellent une conclusion.

La culture des arbres à caoutchouc a acquis une telle extension et promet à l'avenir des bénéfices si considérables qu'il faut la considérer comme une science d'ores et déjà industrialisée. Or, dans toute industrie ayant acquis un certain degré de développement en étendue et de perfection technique, l'accroissement ultérieur du rendement est dû, non à des procédés découverts par l'empirisme ou par hazard, mais à une mise au point de détail que seule peut réaliser l'*étude scientifique*.

Si donc l'on veut que les capitaux considérables engagés dans la production du caoutchouc rendent, il faut que les études scientifiques soient poussées, non seulement pour lutter contre les champignons et les insectes, mais encore pour préciser les conditions d'exploitation rationnelle des estates.

Des études de science pure peuvent être la source d'indications précieuses pour la saignée, celles, par exemple, de M. W. H. Arisz sur la structure du système laticifère de l'*Hevea*. Elles ont fait conclure que le latex découlant d'une incision à la base du tronc provient de tout le système laticifère du tronc et de celui de la plus grande partie des racines, mais ne provient pas des ramifications latérales, des feuilles, ni des parties supérieures de la couronne (1).

On a également pu démontrer que la production moyenne de caoutchouc chez l'*Hevea* est en proportion, jusqu'à un certain point, avec le nombre d'anneaux de vaisseaux latificères de l'écorce, quoique, dans deux des types bons producteurs, cette proportion ne soit pas toujours gardée (2).

(1) D. W. H. Arisz, *De structuur van hetmelk sapvaatstelsel bij Hevea*, in Ned.-Ind. Rubbertijdschrift, n. 11, février 1919, p. 256.

(2) E. A. Stuut, *Eenige waarnemingen betreffende het verband tusschen het aantal ringen der melksapvaten en de rubberproductie bij Hevea*, in Ned.-Ind. Rubbertijdschrift, n. 11, février 1919, p. 258.

L'étude anatomique de l'écorce, la recherche de la disposition des vaisseaux laticifères dans un échantillon très petit a pu donner des indications très utiles pour la pratique. Ces études microscopiques peuvent être dirigées dans un autre sens encore : il faudrait asseoir la sélection sur des bases sérieuses, comme l'a fait entrevoir M. le Dr W. Bobilioff. Jusqu'à ce jour, il n'a été possible de se servir des graines d'un arbre qu'au bout d'une certaine période de production, la sélection étant basée en grande partie sur le rendement en latex de l'arbre, rendement qu'il fallait d'abord contrôler. Or, si, comme l'a démontré M. Bobilioff, les bons producteurs possèdent une écorce dont la grande partie est constituée par un tissu lâche à plusieurs couches de cellules laticifères, occupant le tiers ou plus de l'épaisseur de l'écorce, il sera facile de sélectionner les plants encore tout jeunes et on pourra utiliser, pour la reproduction, leurs toutes premières graines sans attendre le contrôle de la récolte (1).

Rappelons aussi les résultats scientifiques déjà obtenus dans le domaine chimique ; les méthodes de coagulation ont fait des progrès, et les chercheurs opérant dans cette direction escomptent de bien meilleurs résultats encore. Dans le domaine de la préparation du coagulum, de sa transformation en feuilles : crêpes ou sheets, que de progrès n'a-t-on pas réalisés !

Aussi ne faut-il point s'étonner de voir surgir dans différents pays des organisations scientifiques importantes exclusivement consacrées à l'étude de l'exploitation du caoutchouc. Ce mouvement a pris naissance à Londres, en 1918, pendant la guerre, alors qu'il ressortait avec évidence de tous les événements que le succès dans tous les domaines irait aux nations qui sauraient, avec le plus de logique, appliquer aux industries diverses les conclusions des études scientifiques.

En France, à Marseille, l'Institut colonial a créé une organisation nouvelle et a même chargé un de nos confrères belges, le Dr Van Pelt, chef de service dans une entreprise à Sumatra, d'études très importantes sur les caoutchoucs africains. Ce n'est pas le moment de rappeler ici les conclusions de sa mission en Afrique. Elles sont consignées dans le Bulletin que l'Institut colonial de Marseille a commencé à éditer.

Il est indiscutable que la *Rubber Growers Association,* de

(1) Cf. W. Bobilioff, *Beschouwingen over het anatomisch Bast-Onderzoek van Hevea Brasiliensis,* in Ned.-Ind. Rubbertijdschrift, n. 9, 15 janvier 1919, où l'on trouvera une plus ample littérature sur le sujet.

Londres, a fait dans cette voie des efforts louables ; que le *Comité d'Action Agricole coloniale* de Paris, qui s'est constitué après le Congrès colonial tenu à Paris en 1918 ; que l'*Institut colonial* de Marseille, qui a développé ses sections, en particulier celle du caoutchouc ; que l'*Institut scientifique de Saigon ;* que l'A. V. R. O. S., ou *Algemeene Vereeniging voor Rubber cultuur Oost-Sumatra,* dont le siège est à Medan, pourront donner ou ont déjà donné des résultats positifs.

Mais il faut multiplier les efforts, et, comme le spécifiait M. le Dr E. J. Butler, dans un rapport sur les recherches concernant le caoutchouc en Malaisie, il y aurait lieu, avec l'aide des Gouvernements, des planteurs et des industriels, d'installer, en les dotant largement, des instituts de recherches pour toutes les études relatives à la culture du caoutchouc.

M. Butler, qui a récemment repris l'étude du problème du caoutchouc (1), arrive à la conclusion que la création d'instituts spéciaux est devenue absolument nécessaire.

Il voudrait que le comité de direction d'un tel institut fût constitué par un président choisi parmi les fonctionnaires supérieurs du Gouvernement ; deux membres feraient partie de l'État-major du Département de l'Agriculture et cinq membres appartiendraient au monde des planteurs et des industriels. Ceux-ci auraient ainsi la majorité, avec raison, puisqu'ils y ont le plus d'intérêt.

Pour M. Butler, les fonctions de ce conseil seraient de gérer les fonds destinés aux études et de recruter le personnel, en première ligne le personnel scientifique. A ce conseil devrait être adjoint un conseil technique comprenant au minimum :

1 ingénieur agricole ;	4 chimistes ;
2 botanistes ;	5 mycologistes.
3 entomologistes ;	

En outre, il faudrait joindre à ces hommes des praticiens en nombre plus considérable.

D'après M. Butler, les chefs de service devraient pouvoir poursuivre leurs études avec des assistants, et nous le voyons en proposer 3 pour l'ingénieur, 4 pour les botanistes, 1 pour les entomologistes, 4 pour les chimistes, 3 pour les mycologistes.

1) *Rubber research in Malaga,* in India Rubber Journal, 6 décembre 1919, p. 15.

On voit, par ces quelques chiffres, l'importance que le Dr Butler veut accorder à ce service.

Il établit même le budget de cette institution, budjet élevé, naturellement ; mais la nécessité urgente de créer des instituts spéciaux de recherches pour l'industrie du caoutchouc, et la nécessité de préparer des agents aptes à mener à bien ces recherches sont si impérieuses que la question budgétaire doit passer au second plan. Une autre question se pose, grave celle-là.

Où ira-t-on chercher ce personnel ? De quelle école pourront sortir les hommes de compétence voulue ?

En Hollande, à l'Université polytechnique de Delft, M. le Dr A. Van Rossem vient d'être chargé récemment d'un cours de chimie appliquée au caoutchouc et d'un cours de technologie du caoutchouc ; à l'Institut supérieur de Wageningen, on forme spécialement des jeunes gens aux fonctions de directeurs d'entreprises coloniales. Mais, hélas ! les Universités, les Instituts agronomiques de la plupart des autres pays ne font rien pour préparer ce personnel d'élite.

Trouvera-t-on, par exemple, en Belgique, pays qui est pourtant par sa colonie une nation productrice de caoutchouc, un programme de leçons analogues à celles que donne, à la Station d'essais de Malang, M. le Dr Hartjens ? Il a commencé en 1918 un cours, dont voici le programme :

I. 1. Récolte de latex ;
2. Produits chimiques utilisés ;
3. Détermination du rendement en latex ;
4. Dilution de latex et valeur de l'eau ;
5. Préparation des sheets ;
6. Examen d'une installation.

II. 1. Préparation des crêpes ;
2. Machinerie ;
3. Fumoirs et séchoirs ;
4. Considérations générales.

Il convient, en effet, que tous ceux qui ont à diriger une plantation de caoutchouc aient au moins une idée de l'ensemble des questions se rapportant à cette culture.

Un des collaborateurs de la *Nederlandsch-Indisch Rubbertijdschrift* avait grandement raison quand, à propos de *The Incorporated Society of Planters* de Kuala Lumpur, il faisait ressortir la nécessité d'un enseignement pour les planteurs.

« Qui pourra méconnaître, dit-il, que, de nos jours, la moyenne des planteurs est insuffisamment formée pour lutter contre les maladies qui se présentent ?

» Qui connaît le traitement scientifique d'un Hevea, les méthodes scientifiques pour prévenir et combattre les maladies ?

» Qui oserait méconnaître que les méthodes de culture des caoutchoutiers demandent, de la part du planteur, une étude soignée s'il veut être vraiment « planteur » et non « cultivateur ordinaire » ? Il y a beaucoup à apprendre quant au sol, à la plantation, au triage des graines, aux amendements, etc. (1) »

Nous avons appelé plus haut question secondaire, la question du soutien financier des instituts spéciaux à créer et à maintenir.

Elle est secondaire, parce que nous sommes persuadé que l'État seul, avec ses ressources étendues, est capable de doter convenablement ces organisations. Il en a le devoir, d'autre part, car il y va d'un intérêt général de tout premier ordre, et l'État est d'ailleurs seul à pouvoir assurer la pérennité de ces institutions.

Il y a place de par le monde pour de nouvelles et nombreuses plantations de caoutchoutiers ; il y a place aussi pour des exploitations étendues de caoutchouc sylvestre ; mais pour être rentables, pour rémunérer les capitaux qu'elles absorbent, pour se développer et vivre, les unes et les autres doivent être gérées suivant des méthodes scientifiques, par des hommes à la hauteur de leur mission.

C'est en grande partie aux Gouvernements qu'incombe la formation de ces hommes ; c'est à eux d'introduire dans l'enseignement les éléments de la science coloniale, indispensables aux futurs planteurs ; c'est à eux de faire germer les vocations coloniales ; c'est à eux de former, dans des instituts spéciaux, des hommes capables de gérer, au large des colonies, les immenses estates que féconde le soleil des tropiques, source merveilleuse de richesse et de puissance pour la mère-patrie.

ÉD. DE WILDEMAN.

(1) Cf. *Onderricht voor planters*, NEDERL.-INDISCH RUBBERTIJDSCHRIFT, n° 2, 1 octobre 1919, p. 431.

III

SUR LES RECHERCHES RELATIVES A L'HISTOIRE de la formation des « Eléments » d'Euclide

A PROPOS DES DERNIERS TRAVAUX DE ZEUTHEN (1)

Les travaux relatifs à l'histoire des mathématiques grecques, ont été fort nombreux pendant les dernières années qui précédèrent la guerre. Mais, malgré le mouvement de progrès qu'ils imprimèrent à la science, ils n'ont pu faire tout à fait oublier l'*Histoire des Mathématiques* de Montucla (2). On en demeure d'accord. On est, d'autre part, tout aussi unanime à reconnaître que l'étude de la période pré-euclidienne laisse beaucoup à désirer chez l'historien français. Disons mieux : elle y est complètement manquée.

La raison n'en doit pas être cherchée loin. Montucla, mathématicien de talent, était nourri des classiques latins et grecs. Il avait lu Euclide, Archimède, Apollonius, Aristarque, dans leur propre langue, les avait bien compris et exactement appréciés.

(1) Communication faite à la 1re section de la Société scientifique, dans la séance du 27 novembre 1919, tenue à Louvain.

Voici les titres des mémoires qui furent l'objet de cette communication.

Hvorledes mathematiken i tiden fra Platon til Euklid blev rationel videnskab af H. G. Zeuthen. *Avec un résumé en français* (intitulé : *Sur la réforme qu'a subie la mathématique de Platon à Euclide et grâce à laquelle elle est devenue science raisonnée*). Copenhague, 1917. MÉMOIRES DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET DES LETTRES DE DANEMARK. Section des Sciences, 8e série, t. I, n° 5. Un vol. in-4° de 183 pages. Le résumé français a dix pages de petit texte. C'est ce résumé que j'ai utilisé.

Les deux mémoires suivants ont été publiés entièrement en français :

Sur l'origine historique de la connaissance des quantités irrationnelles. BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET DES LETTRES DE DANEMARK. Année 1915, nos 3-4 ; pp. 333-362, in-8°.

Sur l'Origine de l'Algèbre. DET KGL. DANSKE VIDENSKABERNES SELSKAB MATHEMATISK-FYSISKE MEDDELELSER. II, 4. Copenhague, 1919. Un vol. in-8° de 70 pages.

M. Zeuthen se sert de l'édition des *Éléments* d'Euclide donnée par Heiberg C'est aussi celle que j'ai sous les yeux.

(2) Paris, Henry Agasse. An VII.

La lecture des auteurs originaux, voilà la source de ses connaissances. Mais, pour la période pré-euclidienne, cette méthode n'était plus praticable. A part quelques fragments, les ouvrages d'Hippocrate de Chios, de Théétète, d'Eudoxe et des géomètres leurs contemporains, n'existent plus. Les mathématiques grecques pré-euclidiennes eurent, il est vrai, un historien célèbre, Eudème de Rhodes, qui vécut pendant la période qui sépare Platon d'Euclide ; mais sa grande histoire a aussi péri.

Montucla atteignit, somme toute, les résultats auxquels il pouvait prétendre à l'aide des documents qu'il possédait. Sa méthode, d'ailleurs pour lui la seule possible, était excellente. Ce fut celle de Kaetner, dans sa *Geschichte der Mathematik* (1), et, pour une science sœur des mathématiques, la méthode de Delambre dans son *Histoire de l'Astronomie* (2). On n'a rien à lui reprocher. Pour réaliser des progrès, il fallait de nouveaux matériaux. Ils ne manquaient pas ; mais ils demandaient des travaux préparatoires qui tardèrent assez longtemps à fournir les documents à mettre en œuvre. L'histoire des mathématiques d'Eudème, nous venons de le rappeler, est perdue, et les Grecs ne nous en ont pas laissé, à proprement parler, d'autre. Mais on possède, en revanche, un ouvrage précieux, unique en son genre, qui contient de nombreux renseignements historiques : le *Commentaire de Proclus sur le premier livre des Éléments d'Euclide* (3). Nous y reviendrons. D'autres auteurs, notamment Platon, Aristote et Simplicius, sont, eux aussi, pleins d'allusions aux géomètres et à la géométrie ancienne. Mais, peut-être encore davantage que chez Proclus, ces allusions sont éparses et comme noyées dans des ouvrages dont elles ne font pas le sujet principal. Il fallait les en extraire, les grouper, les classer, travail de compilation auquel se livra Breitschneider, qui donna, en 1870, le résultat de ses recherches, dans : *Die Geometrie und die Geometer vor Euklides* (4). Ce fut le point de départ de toutes les études ultérieures.

Breitschneider se hâta de profiter, le premier, des documents

(1) Göttingen, Johann Georg Rosenbusch, 1796-1800 ; en quatre volumes.

(2) J'ai surtout en vue les deux volumes consacrés à l'*Histoire de l'Astronomie Ancienne* ; Paris, Courcier, 1817. Mais on sait que Delambre a gardé la même méthode dans tous les volumes suivants de son *Histoire*.

(3) *Procli Diadochi in primum Euclidis Elementorum librum Commentarii*, ex recognitione Godefridi Friedlein. Lipsiae, in Aedibus B. G. Teubneri ; MDCCCLXXIII.

(4) Leipzig, Teubner, 1870.

qu'il venait d'accumuler, en écrivant une histoire de la géométrie grecque pré-euclidienne. Dans un sujet aussi neuf, son œuvre ne pouvait être définitive. Bon nombre des conclusions du professeur de Gotha, bien appuyées sur les pièces, ont cependant été adoptées sans restrictions et demeurent acquises; d'autres donnèrent lieu à de longues discussions.

Deux textes de la collection de Breitschneider appellent tout d'abord l'attention, tant par leur étendue que par leur importance intrinsèque : l'extrait de Simplicius sur les quadratures des lunules et le résumé historique de Proclus (1). Je n'ai pas à m'occuper aujourd'hui du premier de ces morceaux. M. Rudio l'a réédité à part, en 1907, dans un travail de bonne et solide érudition : *Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates* (2). En rendant compte de cet ouvrage dans la REVUE (3), j'ai eu l'occasion de raconter les nombreuses et courtoises discussions auxquelles donna lieu l'établissement du texte. Il serait oiseux d'y revenir ; mais il me faut insister sur le résumé historique de Proclus.

Pour la clarté, je prie le lecteur de ne pas perdre de vue quelques dates.

Proclus écrit en grec classique, mais c'est un Byzantin du sixième siècle de l'ère chrétienne. Euclide vivait trois cents ans environ avant Jésus-Christ ; Platon, un peu moins d'un siècle avant Euclide ; Pythagore, à peu près deux siècles avant Platon. Le résumé de Proclus rapporte donc des événements qui lui sont antérieurs de 800, 900, 1000 ans et plus. La vieille langue grecque classique, employée par l'auteur, risque de le faire oublier au lecteur.

Or, le résumé historique de Proclus est une de nos principales sources d'information sur les mathématiques pré-euclidiennes. C'est souvent même la seule. Quel crédit mérite-t-il ? On voit l'importance du problème. Mais, pour le résoudre, il faut préalablement en élucider un autre : De quelles sources d'information, Proclus, si éloigné déjà des événements, disposait-il lui-même ?

(1) Dans Breitschneider, l'extrait de Geminus se trouve pp. 100-121 ; le résumé historique de Proclus, pp. 27-31. Ce dernier se trouve dans l'édition de Friedlein, pp. 64-70.

(2) Leipzig, Teubner, 1907.

(3) T. LXV, janvier 1909, pp. 294-301. Les discussions n'ont pas été closes par l'édition de M. Rudio et M. Zeuthen, notamment, a repris le sujet dans un mémoire intitulé : *Sur les connaissances géométriques des Grecs avant la réforme Platonicienne*, publié dans le BULLETIN DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES ET DES LETTRES DE DANEMARK. Année 1913, pp. 431-473.

Un premier fait est certain. La plupart des traités et mémoires des mathématiciens grecs perdus aujourd'hui, l'étaient déjà à l'époque de Proclus. Il n'a pas pu, à la manière moderne de Montucla, travailler sur des écrits originaux ; mais s'est servi de livres d'histoire. Il cite, entre autres, explicitement, un auteur du premier siècle avant Jésus-Christ, Simplicius, dont l'ouvrage est perdu depuis Proclus ; cette circonstance nous empêche de résoudre avec certitude un doute des plus importants : Proclus avait-il aussi sous la main l'*Histoire des Mathématiques* d'Eudème de Rhodes ? Simplicius s'en rapporte souvent à l'autorité d'Eudème. Quant à Proclus, lorsqu'il cite le Rhodien, il est toujours équivoque. Impossible de savoir si c'est Eudème lui-même, qu'il résume ou transcrit ; ou bien seulement Eudème d'après Simplicius ? On saisit la différence. Eudème, historien de première valeur, racontait des faits dont il était peu éloigné, souvent même le témoin. Simplicius, d'un mérite moindre, parle d'événements dont il est séparé par plusieurs siècles.

L'opinion la plus courante est que Proclus a eu Eudème lui-même sous les yeux, mais elle a rencontré un contradicteur convaincu et des plus sérieux : Paul Tannery. L'éminent éditeur de Diophante a consacré à la défense de sa thèse, une bonne partie de son *Histoire de la Géométrie grecque* (1). J'y renvoie le lecteur. Les arguments de Tannery, parfois un peu subtils, toujours ingénieux, ne manquent pas de poids, mais n'ont pas convaincu tout le monde. Entre autres, l'un des plus chauds amis, des plus grands admirateurs du savant français, Zeuthen, ne s'est pas laissé persuader. Et voici la conséquence de cette divergence de vues.

L'auteur, quel qu'il soit, cité par Proclus est un ardent platonicien, qui attribue à son chef d'École une influence décisive sur le développement des mathématiques. En cela Zeuthen est d'accord avec lui ; tandis que Tannery trouve au contraire que l'auteur cité par Proclus exagère l'influence de Platon. Or la thèse de Tannery est insoutenable si cet auteur est Eudème ; Tannery eût été le premier à le reconnaître. Cette thèse devient, au contraire, fort plausible si l'auteur est Simplicius. Le litige

(1) *La géométrie grecque. Comment son histoire nous est parvenue et ce que nous en savons.* Essai critique par Paul Tannery. Première partie : *Histoire générale de la Géométrie élémentaire.* (C'est tout ce qui a paru.) Paris, Gauthier-Villars, 1887. Tiré à part d'une série d'articles qui ont été publiés dans le BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, de 1885 à 1887, 2e série, t. IX-XI, Paris, Gauthier-Villars.

reste pendant, et ne sera vraisemblablement jamais tranché, à moins que de nouvelles pièces versées au dossier ne viennent porter la lumière dans les débats.

Faut-il en désespérer ? Non, car les documents relatifs à la géométrie pré-euclidienne inutilisés jusqu'ici ne manquent pas ; mais ils sont dispersés un peu partout dans les ouvrages les plus divers, surtout dans ceux des philosophes. Breitschneider avait indiqué la voie à suivre pour les y trouver et les rendre utilisables : on s'y engagea. Le dépouillement des auteurs se poursuivit dans deux voies. Quelques érudits se maintenant sur le terrain philologique se contentèrent de recueillir tous les passages où un auteur déterminé parle des mathématiques. C'est ce que fit Heiberg, dans ses *Mathematisches zu Aristoteles* (1). D'autres, au contraire, cherchèrent à élucider une question spéciale, objet de leurs études : l'origine des connaissances des Grecs relatives aux incommensurables, par exemple. Ils relurent Platon, Aristote, d'autres encore, mus par l'espoir d'y rencontrer des éclaircissements. M. Vogt s'est distingué dans ce genre de recherches, et j'en ai jadis signalé ici quelques-unes (2). A tout prendre, la méthode de M. Heiberg vaut mieux. Elle divise le travail, économise les forces, permet d'obtenir, en collaboration, des résultats auxquels on ne saurait prétendre en travaillant isolément (3). Paul Tannery, lui-même, est peut-être l'exemple le plus frappant de la difficulté qu'il y a de mener de front avec maîtrise la philologie et les mathématiques. Personne ne discute sa compétence en géométrie. Elle lui permit, par exemple, de mettre en relief l'importance des trois postulats de construction

(1) Publié dans le t. XVIII des ABHANDLUNGEN ZUR GESCHICHTE DER MATHEMATISCHEN WISSENSCHAFTEN MIT EINSCHLUSS IHRER ANWENDUNGEN, begründet von Moritz Cantor. Leipzig, Teubner, 1904 ; pp. 1-49.

(2) *Die Geometrie des Pythagoras.* BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. IX, Leipzig, Teubner, 1908-1909 ; pp. 15-54.

Die Entdeckungsgeschichte des Irrationalen nach Plato und anderen Quellen des 4. Jahrhunderts. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. X, 1909-1910, pp. 97-155. Voir au t. LXX de la REVUE mon Bulletin d'Histoire des Mathématiques de juin 1911, pp. 330-335.

Zur Entdeckungsgeschichte des Irrationalen. BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. XIV, 1914-1915 ; pp. 9-29.

(3) Je rappellerai l'exemple si remarquable que Zeuthen lui-même en a donné à l'occasion de la découverte du traité *De la Methode* par Archimède. Il publia avec M. Heiberg, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3e série, t. VII, pp. 321-363. *Eine neue Schrift von Archimedes.* La version allemande est de M. Heiberg, le commentaire, de Zeuthen.

placés par Euclide en tête du premier livre des *Éléments* (1) Mais Tannery faisait, à tort, beaucoup moins de cas des trois postulats analytiques, dont le rôle dans le plan d'Euclide a été si bien mis en évidence par notre regretté collègue Paul Mansion (2). Zeuthen, comme Mansion, est avant tout géomètre et cette réflexion m'amène à parler enfin de ses derniers travaux. Qu'on me pardonne la digression qui précède ; elle était indispensable pour comprendre la contribution du savant danois à l'histoire de la formation des *Éléments* d'Euclide.

Et d'abord, les conclusions importantes des travaux de Paul Tannery restent toutes debout après les travaux de Zeuthen. Quelques détails doivent être rectifiés ; mais, en outre, beaucoup de questions à peine effleurées par le savant français, ou même entièrement passées sous silence par lui, sont discutées et résolues par le savant danois. Or, voici à peu près en quel état Tannery laissait le problème de la formation des *Éléments* d'Euclide.

Une idée pythagoricienne domine tout le plan des *Éléments ;* c'est l'influence prépondérante des cinq polyèdres réguliers dans l'organisation de l'Univers. Euclide se propose donc d'étudier la nature de ces polyèdres ; de les décomposer jusque dans leurs premiers principes, dans leurs « éléments » les plus reculés, les plus simples. Tout ce qui peut y contribuer rentre dans le cadre de son ouvrage, le reste en est exclu. Et voilà l'explication d'une lacune, au premier abord pour nous fort étrange ; voilà, dis-je, pourquoi Euclide ne traite pas dans ses *Éléments* la théorie si importante des triangles sphériques. Au point de vue des polyèdres réguliers, il n'avait qu'en faire.

D'accord avec Tannery, Zeuthen admet aussi que les *Éléments* d'Euclide conservent l'empreinte profonde de l'ordre historique

(1) *Sur l'authenticité des axiomes d'Euclide.* BULLETIN DES SCIENCES MATHÉMATIQUES, 2e série, t. VIII, 1884 ; pp. 162-175.

Réédité dans : *Paul Tannery. Mémoires scientifiques publiés par J. L. Heiberg et H. G. Zeuthen. Sciences exactes dans l'Antiquité ;* t. II, 1883-1893. Toulouse, Edouard Privat. Paris, Gauthier-Villars. 1912. Pièce n° 31, pp. 48-63.

(2) Notamment dans ses *Premiers Principes de la Métagéométrie ou géométrie générale.* Résumé de conférences faites à l'Institut supérieur de Philosophie de Louvain, le 16 mai, le 30 mai et le 6 juin 1895. Publié en Appendice dans le t. XVI de MATHESIS. Gand, Hoste. Paris, Gauthier-Villars, 1896.

Paul Mansion a traité à maintes reprises le même sujet. Mais c'est dans cet article, me semble-t-il, qu'il l'expose le plus clairement pour tous ceux qui ne font pas des premiers principes de la métagéométrie une étude spéciale.

du développement de la science. Or, l'ordre historique fut, à peu de chose près, celui qui paraît à quelques savants de nos jours (1) devoir être l'ordre pédagogique : ne démontrer d'abord que ce qui ne se voit pas immédiatement ; la proposition du carré de l'hypoténuse, par exemple, ou celle de la somme des trois angles d'un triangle. Impossible, en effet, d'en apercevoir la vérité sans une construction. Bientôt après, mais en laissant toujours beaucoup à l'intuition, on montrera que certaines propositions, *qui se voient*, découlent cependant nécessairement d'autres déjà admises ; telle, l'égalité des angles opposés par le sommet ; telles encore, plusieurs propriétés intuitives des figures égales, mais différentes par leur échelle de construction. J'évite à dessein le mot « semblable », car c'est bien sous le concept primitif et fruste de figure égale à une autre, mais de taille différente, que beaucoup d'ouvriers se représentent, encore aujourd'hui, une épure ou un tableau.

Euclide rejette visiblement la théorie de la similitude le plus loin possible. Pourquoi ? Pour conserver l'ordre traditionnel, répondent Tannery et Zeuthen. Ce plan, qu'Euclide eût sans doute pu changer, avait été imposé aux premiers auteurs d'« éléments », Hippocrate de Chios et ses émules, par la succession des découvertes. Pythagore avait reconnu l'incommensurabilité de la diagonale et du côté du carré. Véritable « scandale logique » pour l'esprit clair et rigoureux des Grecs, dit quelque part Paul Tannery. Ce scandale eut son contre-coup immédiat dans les premiers essais d'« éléments ». Pour leurs auteurs, la géométrie plane se divisait naturellement en deux parties : celle qui était indépendante du paradoxe de l'incommensurabilité ; celle qui le supposait nécessairement. La première de ces parties comprenait la matière des quatre premiers livres d'Euclide, c'est-à-dire, la théorie de la ligne droite, les commencements de l'algèbre géométrique, la théorie du cercle et celle des polygones réguliers. La seconde partie était consacrée à la similitude. Les deux parties de la géométrie plane restèrent séparées comme par un fossé infranchissable jusqu'à Platon.

C'est au sujet de l'action du philosophe d'Athènes sur la géométrie que Zeuthen s'écarte le plus de Tannery : Zeuthen reconnaît une influence platonicienne profonde ; Tannery la minimise. Mais leurs avis diffèrent-ils bien autant qu'il semblerait à pre-

(1) Voir, p. ex., *Leerboek der Planimetrie*, door N. L. W. A. Gravelaar. Groningen, J.-B. Wolters, 1907.

mière vue? S'il s'agit de la personnalité de Platon, oui. S'il s'agit du développement effectif réalisé alors par la géométrie, non. Cette question d'influence d'école, très intéressante pour le philosophe et l'historien, l'est, me semble-t-il, un peu moins pour le géomètre. Quoi qu'il en soit, personne n'a jamais révoqué en doute les connaissances mathématiques de Platon. A preuve, dès l'antiquité, l'ouvrage de Théon de Smyrne (1). Mais, encore une fois, d'après Proclus, suivi en cela par Zeuthen, Platon fut un géomètre de génie, un initiateur, un maître qui révolutionna la science; d'après Tannery, au contraire, les connaissances mathématiques de Platon furent un peu quelconques.

Mais voici bientôt Zeuthen et Tannery de nouveau d'accord pour nous dire qu'à l'époque de Platon de grands progrès furent dus à Eudoxe de Cnide et à Théétète. Cependant, d'après Zeuthen, et contrairement à l'opinion de Tannery, les deux savants grecs n'auraient écrit que sous l'impulsion de Platon. De son coup d'œil d'aigle, le fondateur de l'Académie aurait entrevu que la géométrie pouvait devenir une science parfaite de logique pure; science reposant tout entière sur des définitions, des postulats, des axiomes explicitement formulés; science se développant ensuite majestueusement sans aucun appel ultérieur à l'intuition ou à l'expérience.

Si Platon ne proposa pas ce programme aux méditations de ses élèves, comme le croit Zeuthen, il est cependant incontestable que l'idée, d'où qu'elle vienne, est à la base des recherches d'Eudoxe et de Théétète.

En effet, impulsion directe imprimée à Eudoxe par Platon, ou simple influence latente du milieu ambiant, le résultat fut que deux grands progrès se réalisèrent par le Cnidien. On lui doit, au témoignage formel d'Archimède (2), la démonstration rigoureuse de l'expression du volume de la pyramide et du cône. On sait aussi, à n'en pas douter, par le témoignage d'un scoliaste ancien, mais anonyme, des *Eléments* d'Euclide, que le Cnidien

(1) *Theonis Smyrnaei philosophi Platonici expositio rerum mathematicarum ad legendum Platonem utilium*, recensuit Eduardus Hiller. Lipsiae, in Aedibus B. G. Teubneri; MDCCCLXXVIII.

Théon de Smyrne, contemporain de Claude Ptolémée, vivait au IIe siècle de notre ère.

(2) Dans la lettre d'Archimède à Dosithée, que le Syracusain mit en guise de Préface, en tête du traité *De Sphaera et Cylindro. Archimedis Opera omnia cum commentariis Eutocii*, iterum edidit J. L. Heiberg; t. I. Lipsiae, in Aedibus B. G. Teubneri, MDCCCCX; pp. 2-5.

donna une théorie complète et correcte des proportions, valable aussi bien pour les nombres irrationnels que pour les nombres commensurables. Dans leurs grandes lignes, les deux découvertes d'Eudoxe forment aujourd'hui la matière des livres XII et V des *Éléments* d'Euclide. Ce livre V est l'un des chefs-d'œuvre de la mathématique grecque. En quoi consistait au juste le progrès réalisé par Eudoxe? En ceci, vraisemblablement du moins, car les témoignages péremptoires nous manquent : pour démontrer leurs théorèmes sur les nombres, Pythagore et ses successeurs se servirent longtemps de collections de points discontinus. C'est ce que nous faisons volontiers encore au commencement de nos traités d'arithmétique pour expliquer aux enfants les premières opérations. Mais les Pythagoriciens se butèrent longtemps, quand, à l'aide de ces points, ils cherchèrent à étendre les opérations fondamentales au calcul des radicaux. Jamais ils ne parvinrent à tourner la difficulté comme nous le ferions maintenant. Aux points discontinus, Eudoxe substitua des segments de droites continus, grâce auxquels il put donner des démonstrations générales, s'étendant à tous les nombres réels, rationnels ou non.

De nos jours, on a épuisé les formes de la louange pour célébrer le Ve livre d'Euclide, le livre des proportions d'Eudoxe, comme, entre historiens des mathématiques, il est de bon ton de le nommer. Plus que tout autre, Zeuthen en a mis en lumière le mérite. Faut-il rappeler que pour bien des géomètres, et non des moindres, ce beau livre fut longtemps un livre fermé ? Les commentaires annexés aux anciennes éditions d'Euclide sont instructifs sous ce rapport. L'un des plus illustres continuateurs de Grégoire de Saint-Vincent, André Tacquet, par exemple, avoue sans vergogne qu'il ne comprend rien aux définitions de l'égalité et de l'inégalité de deux rapports données par le géomètre d'Alexandrie (1). Ces définitions nous paraissent, à nous, limpides. Mais, à notre tour, ayons la franchise de le reconnaître, c'est surtout grâce au commentaire que Zeuthen en a donné autrefois dans son *Histoire des Mathématiques dans l'Antiquité et au Moyen-Age* (2), qu'on a universellement reconnu combien ces définitions sont naturelles, exactes et profondes.

(1) *Elementa geometriae planae ac solidae, quibus accedunt selecta ex Archimede theoremata*, auctore Andrea Tacquet Societatis Jesu sacerdote et matheseos professore... Editio tertia. Antverpiae, apud Jacobum Meursium, M. DC. LXXII (dans l'introduction au livre V, p. 128).

(2) Edition française, revue et corrigée par l'auteur. Traduite par Jean Mascart. Paris, Gauthier-Villars, 1902. *Les mathématiques grecques*, ch. 16, intitulé : *La théorie générale des proportions, cinquième et sixième livre d'Euclide*, pp. 114-117.

Venons-en à Théétète. D'après Proclus, sa contribution au développement de la géométrie serait comparable à celle d'Eudoxe (1). Nous n'avons plus Archimède, ni le scoliaste d'Euclide pour nous apprendre en quoi elle consistait. On s'accorde, cependant, pour attribuer à Théétète des progrès sérieux dans la solution du problème des incommensurables. Mais il paraît surtout avoir parachevé la théorie des polyèdres réguliers.

Cette théorie des polyèdres réguliers couronne les *Éléments* d'Euclide, dont elle forme le livre XIII et dernier. Ce livre est des plus curieux. Mieux que tous les autres, il conserve la trace visible de la manière dont Euclide utilisa ses devanciers pour composer son propre ouvrage. Les polyèdres réguliers appartiennent essentiellement, cela va de soi, à la géométrie solide. Eh bien ! le livre XIII débute par cinq propositions de géométrie plane relatives aux polygones, dont ce n'était à aucun point de vue la place naturelle. Et l'explication de cette anomalie ? Tout simplement ceci : Euclide trouva les cinq propositions à cette même place chez Théétète. Elles n'étaient pas courantes ; elles étaient peut-être même tout à fait neuves pour Théétète. Celui-ci en avait besoin pour ses démonstrations. Écrivant ce que nous nommerions aujourd'hui un « Mémoire » sur les polyèdres réguliers, il plaça naturellement les propositions en tête de son mémoire. Euclide les y trouva et les y conserva.

D'aucuns se sont autorisés de ce mode de travail d'Euclide pour chercher à rapetisser l'immortel géomètre. Zeuthen combat avec énergie et conviction cette manière de voir. Il a raison. Oui, Euclide a utilisé les travaux de ses prédécesseurs. Oui, il les a encadrés dans ses *Éléments*, mais il l'a fait de la manière indiquée par Proclus, c'est-à-dire, en géomètre incomparable qui revoit les travaux existant avant les siens, leur imprime une marque personnelle, en retouche les démonstrations et leur donne à toutes une rigueur irréprochable (2). N'est-ce point là encore, pour écrire les manuels de classe, la méthode de nos plus grands maîtres ?

Un dernier mot. La lecture des *Éléments* d'Euclide, dit Zeuthen, demande « un œil ouvert aux vues scientifiques ». Elle exige aussi, ajoute-t-il, « soit une préparation scientifique préalable, soit l'aide d'un professeur, non seulement au courant des

(1) On sait que Platon donna le nom de Théétète à l'un de ses dialogues.

(2) C'est principalement dans le chapitre XV de sa *Réforme des Mathématiques de Platon à Euclide*, que Zeuthen développe les conclusions que je résume ici. Ce chapitre est intitulé *Euclide et ses Éléments*, p. 180.

démonstrations, mais pénétré de l'esprit des méthodes ». En traçant ces lignes, Zeuthen songeait aux successeurs immédiats d'Euclide ; mais, pour ma part, je n'ai pu m'empêcher, en les lisant, de les appliquer au professeur de Copenhague lui-même. Quel guide merveilleux ! Quel puissant initiateur et comme il nous manquera désormais ! La mort vient de le frapper inopinément, le 6 janvier dernier, dans la 81e année de son âge. Il avait pour les *Éléments* d'Euclide cette admiration enthousiaste, qui animait notre regretté Paul Mansion, quand il me parlait du chef-d'œuvre du géomètre d'Alexandrie. « Il manque toujours quelque chose à un mathématicien qui n'a pas approfondi Euclide », me disait un jour Mansion. J'en suis convaincu. Mais, comme tous les autres, pour comprendre Euclide, j'ai eu besoin d'un guide. Personne ne m'a plus aidé que Zeuthen par l'ensemble de ses travaux !

H. Bosmans, S. J.

IV

NOS EAUX MINÉRALES

Outre les éléments constitutifs de l'air atmosphérique, les eaux contiennent généralement en dissolution de nombreuses substances empruntées aux terrains qu'elles ont traversés. C'est le règne minéral qui y est le plus abondamment représenté. Aussi emploie-t-on souvent en hydrologie le terme « minéralisation » pour désigner, en général, la proportion de matières dissoutes, organiques ou inorganiques, quoiqu'on vise spécialement ces dernières.

Dans la minéralisation, on distingue le *degré*, donné par l'élévation de la teneur en substances dissoutes ; puis, lorsque le degré est relativement élevé, on note le *genre*, déterminé par la nature des principes acides prédominants, ainsi que l'*espèce*, caractérisée par la nature des principaux éléments basiques.

De tout temps et dans tous les pays, on a remarqué les relations qui existent entre la constitution géologique et minéralogique du sous-sol et l'état de minéralisation naturelle des eaux. Toutefois, il a été reconnu que les proportions des matières dis-

soutes dépendent principalement des conditions dans lesquelles l'eau a été élaborée au contact des terrains.

Les eaux météoriques qui pénètrent dans les couches du sous-sol y subissent une oxydation : les matières organiques recueillies dans l'air et dans le sol sont transformées en acide carbonique, en acide sulfurique, en acide azotique, etc. De leur côté, certains éléments des terrains, organiques ou minéraux, fournissent, par oxydation, des acides (carbonique, sulfurique, etc.) que l'eau entraîne. L'eau, par elle-même ou à l'aide de ces principes acides, dissout une proportion plus ou moins forte de matières humiques et d'éléments minéraux (acide carbonique libre, sels alcalins et alcalino-terreux, sels de fer, etc.), suivant la composition du terrain, le degré de solubilité de ses éléments, l'épaisseur de la couche traversée, sa porosité, son état de division, la durée du contact, la température et la pression régnantes. C'est ainsi que certaines eaux de terrains salés ou gypseux sont totalement saturées de chlorure sodique ou de sulfate calcique ; que les eaux des nappes captives et profondes sont, d'ordinaire, assez fortement chargées d'éléments minéraux, tandis que celles des nappes phréatiques et particulièrement les eaux vives des sources alimentées par ces nappes, contiennent généralement assez peu de matières dissoutes.

L'échelle des degrés de minéralisation totale est établie à peu près comme suit par la plupart des hydrologues :

La teneur en matières dissoutes est considérée comme *extrêmement faible* en dessous de 250 à 300 milligrammes par litre ;
comme *très faible,* de 300 à 600 milligr. environ ;
comme *faible,* de 600 à 2000 ;
comme *moyenne,* de 2000 à 6000 ;
comme *forte,* de 6000 à 20 000 ;
comme *très forte,* au delà de 20 000.

Les matières dissoutes totales consistent principalement en carbonates, en sulfates et en chlorures de sodium, de calcium, de magnésium, de fer, en acide carbonique libre, etc.

En ce qui concerne le degré de minéralisation totale des eaux belges, une enquête instituée en 1893 par le département de l'Agriculture (1) a fait connaître qu'il y a lieu d'établir certaines distinctions :

D'une part, au point de vue de la nature des terrains :

(1) *Enquête sur les eaux alimentaires* ; *Ministère de l'Agriculture*, 2 vol., 1902 et 1906. — Les eaux alimentaires de Belgique : REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, janvier 1907.

1. Eaux des terrains quartzo-schisteux ou gréso-schisteux des systèmes cambrien, silurien, dévonien et carbonifèrien de l'Ardenne, du Condroz, du Brabant, du Hainaut (et de la Flandre à grande profondeur) : relativement peu minéralisées.

2. Eaux des terrains calcareux, crayeux ou marneux des systèmes dévonien, carbonifèrien, jurassique et crétacé de la Famenne, du Condroz, du Bas-Luxembourg, de la Hesbaye, du Hainaut (du Brabant et de la Flandre à grande profondeur) : minéralisation deux ou trois fois plus forte, en moyenne, que celle des terrains quartzeux ou gréseux.

3. Eaux des terrains sablo-argilo-calcareux des systèmes éocène, oligocène, miocène, pliocène, diluvien et moderne de la Hesbaye, du Hainaut, du Brabant, de la Flandre, de la Campine, des vallées profondes et du littoral de la mer : minéralisation assez variable, en moyenne double ou triple de celle des terrains gréseux, analogue à celle des terrains calcareux.

D'autre part, au point de vue de la durée du contact avec les terrains :

1. Eaux courantes, eaux d'étangs : minéralisation relativement faible.

2. Eaux de sources ou de drains : minéralisation double ou triple, en moyenne.

3. Eaux de puits ordinaires : minéralisation supérieure à celle des eaux de sources.

4. Eaux de puits profonds (puits artésiens) : minéralisation beaucoup plus forte.

On trouvera ci-après, à l'*Appendice I*, la liste des principales eaux de la Belgique, groupées d'après le classement géologique des terrains renfermant la nappe aquifère et d'après la teneur en matières dissoutes (milligr. par litre).

On constatera que beaucoup d'eaux de la Belgique sont de minéralisation totale extrêmement faible ; que la plupart sont très faiblement minéralisées ; que bon nombre le sont faiblement ou moyennement ; très peu, fortement. Les eaux naturelles très fortement minéralisées ne semblent être représentées chez nous que par l'eau de mer.

Les eaux de boisson se divisent en eaux ordinaires ou de consommation habituelle, simples facteurs ou auxiliaires de la nutrition, et en eaux possédant des propriétés thérapeutiques, généralement attribuables aux substances minérales dissoutes.

On appelle communément eaux « minérales » les eaux qui sont

ainsi douées de vertus curatives. Parfois on qualifie d'hypominérales, oligominérales ou aminérales celles qui contiennent des proportions faibles ou très faibles de ces principes minéraux.

Suivant les théories qui ont cours aujourd'hui, l'action spéciale exercée sur l'organisme par les eaux minérales ingérées comme boisson, dépend de la nature et de la quantité des ions libres qu'elles renferment par suite de la dissociation des sels dissous.

On sait que le degré de dissociation ou d'ionisation des molécules salines dissoutes dans les eaux est en raison inverse du degré de concentration du liquide. Généralement de 1 environ à 0,9 pour des teneurs en composés salins de 50 à 100 milligr. par litre, le degré de dissociation descend à 0,7 pour des teneurs de 100 milligr. à 2 grammes, à 0,5 pour des teneurs de 2 à 10 grammes, et jusqu'à 0,1 pour des teneurs plus fortes. Il varie d'ailleurs aussi avec la nature des sels dissous : à degré égal de dilution, c'est le chlorure sodique qui se dissocie dans la plus forte proportion ; le degré de dissociation est un peu moindre pour le chlorure potassique, le sulfate et le carbonate sodiques, moindre encore pour les sulfates potassique et magnésique.

Les ions libres résultant de la dissociation constituent, au point de vue thérapeutique, comme au point de vue chimique, la partie active des éléments minéralisateurs ; c'est à leur état spécial de liberté qu'ils doivent leur action sur l'organisme. Autrefois l'on disait : « Les corps n'agissent qu'en solution ». D'après les données actuelles de la science, il faudrait ajouter « suffisamment diluée pour les diviser en ions libres » ; dans les solutions trop concentrées, l'excédent minéral, composé de molécules restées entières, serait inerte à la façon des parties non dissoutes dans les mélanges sursaturés. Le degré de dissociation d'une substance saline, dissoute en quantité connue, est ordinairement déterminé dans les laboratoires par l'abaissement du point de congélation du liquide ou par l'augmentation de sa conductivité électrique.

Non seulement la minéralisation des eaux caractérise leur activité spéciale sur l'économie en tant qu'agents curatifs, mais elle influence aussi leur rôle dans les phénomènes de la nutrition normale. C'est, en effet, de la proportion et du degré de dissociation des matières dissoutes dans une eau, que dépend la pression osmotique de celle-ci. Cette pression ne peut, sans inconvénient pour la santé, être trop différente de celles du sang

et des liquides de l'estomac. Au point de vue de la digestion, il convient qu'elle leur soit quelque peu inférieure : les boissons font dans l'estomac un séjour d'autant plus court que leur pression osmotique est moins élevée. D'une manière générale, les matières dissoutes en forte proportion dans les eaux, particulièrement les matières fixes, fatiguent les organes par le travail d'élimination qu'elles leur imposent.

Il faut noter encore, comme effet accessoire du degré, du genre ou de l'espèce de minéralisation des eaux, leurs rapports avec les caractères organoleptiques de celles-ci, surtout avec la saveur, parfois aussi avec l'odeur, la coloration et le degré de limpidité.

Les eaux de minéralisation extrêmement faible, très faible ou faible, sont celles qui servent généralement de boisson courante. Certains physiologistes considèrent comme étant les plus recommandables pour cet usage, les eaux qui contiennent, par litre, de 70-100 à 500-700 milligrammes de matières solides, la moitié environ de ces matières consistant en bicarbonate calcique : cette petite proportion de sels contribue à rendre l'eau agréable au goût et digestive ; elle élève suffisamment sa pression osmotique ; elle fournit à l'organisme un léger appoint en substances minérales dont il a besoin pour réparer ses pertes journalières. Dans la grande majorité des communes de Belgique, l'eau de boisson habituelle est de l'eau bicarbonatée calcique contenant tout au plus 300 à 400 milligr. de ce sel par litre.

Des eaux très faiblement ou faiblement minéralisées sont également employées comme eaux de traitement ou de cure en raison du haut degré d'ionisation des sels qu'elles contiennent, lequel compense dans une mesure plus ou moins large la faiblesse de leur minéralisation.

D'autres eaux de ces catégories, particulièrement des eaux de minéralisation extrêmement faible ou très faible, sont utilisées comme agents curatifs du chef de leur grand pouvoir dissolvant vis-à-vis des éléments morbides ou inutiles répandus dans l'organisme, pouvoir qu'elles doivent précisément à l'absence presque complète de matières dissoutes.

Enfin l'on reconnaît parfois des propriétés thérapeutiques à certaines eaux, sans que l'on se rende compte des particularités auxquelles ces propriétés sont attribuables : ces eaux sont dites « indéterminées ».

Les eaux moyennement, fortement ou très fortement minéralisées des divers genres et espèces, dont nous esquisserons plus loin la classification (1), sont plus spécialement ou exclusivement affectées aux usages médicaux.

Les eaux fortement ou très fortement minéralisées des divers types (chlorurées, sulfatées, bicarbonatées ou alcalines, carbogazeuses, ferrugineuses, etc.) et même les eaux moyennement minéralisées, ne doivent être consommées que d'une manière judicieuse, sur indications médicales précises, en vue d'une action curative déterminée ; il est dangereux de les employer inconsidérément, d'une façon intempestive. Certaines matières minérales particulièrement actives, comme les composés d'arsenic, dissoutes dans les eaux à des doses relativement fortes, peuvent rendre ces boissons toxiques.

Dans un récent rapport sur un projet de règlement élaboré par le Département de l'Intérieur, le Conseil supérieur d'hygiène publique propose d'appliquer la dénomination d'*eau de régime* aux eaux moyennement minéralisées et celle d'*eau médicinale* aux eaux fortement ou très fortement minéralisées. L'Académie royale de médecine serait chargée, en exécution du règlement, de décider dans quelle catégorie doivent être rangées les diverses eaux naturelles du pays.

Ce sont ces eaux *médicinales*, plus spécialement appelées *minérales*, soit à cause de leur degré de minéralisation totale élevé, soit à cause de la présence d'éléments minéraux spéciaux, qu'il nous reste à considérer.

Remarquons d'abord que le degré élevé de minéralisation d'une eau peut tenir à des conditions tout à fait accidentelles, telles que le contact avec des matières d'origine animale.

Les eaux très faiblement minéralisées offrent donc dans l'ensemble certaines garanties d'exemption de souillure par ces matières.

Au contraire, une proportion relativement forte de matières dissoutes totales doit être tenue pour suspecte à ce point de vue, à peu près aux mêmes titres que de fortes teneurs en éléments d'alcalinité ou de dureté, ou que des teneurs notables en chlore, en matières organiques, etc. (voir ci-après), les matières dissoutes étant, en général, principalement constituées par ces corps.

(1) Voir Appendice.

En cas de proportions relativement fortes, il faudra donc examiner dans quelles conditions ces eaux ont pu se minéraliser ainsi, par exemple, moyennant un contact plus intime ou plus prolongé avec les terrains, une température ou une pression plus élevées, le concours d'acide carbonique d'origine minérale ou végétale, etc.

Le plus souvent, lorsqu'il s'agit seulement de s'assurer qu'une eau est exempte de souillures animales, au lieu de doser les matières dissoutes totales, on pratique simplement le dosage des matières fixes par évaporation à 110° C.

D'après l'*Enquête sur les eaux alimentaires*, les eaux des terrains calcareux et particulièrement celles des terrains sablo-argileux de la Belgique, surtout quand elles sont captées à grande profondeur, contiennent souvent plus de 500 milligr., jusque 1000, 1500 milligr. de matières fixes à 110° et même davantage, sans que l'on puisse attribuer ces teneurs à une souillure par des matières organiques d'origine animale. Mais des teneurs en matières fixes dépassant 500 à 550 milligr. par litre pour des eaux de sources ou de puits dans des terrains sablo-marneux, 340 à 400 dans des terrains calcareux, 170 à 200 dans des terrains quartzo-schisteux, ne doivent pas être admises sans renseignements satisfaisants au sujet de l'origine de ces matières.

Des observations analogues devraient être faites, si nous envisagions séparément les divers corps chimiques qui se rencontrent en dissolution dans les eaux.

Ainsi nous verrions que l'on ne peut tolérer, sans informations favorables concernant leur origine, des teneurs appréciables, par exemple, 0,1 milligr. ou plus par litre, en ammoniaque, en ion nitreux, ou en ion sulfhydrique ; des teneurs notables, par exemple, 20 à 50 milligr. ou plus par litre, en matières organiques, en ion nitrique, en chlore, ou en ion phosphorique ; des teneurs relativement élevées en ion sulfurique, par exemple, 50 à 100 milligr. ou plus ; en principes possédant une réaction acide ou alcaline, par exemple, une alcalinité de 20 à 30 centimètres cubes de solution décinormale par litre, ou plus ; en composés alcalino-terreux et autres éléments de dureté, par exemple, 30 à 35 degrés hydrotimétriques ou plus.

Pareille composition est ordinairement offerte par les eaux qui n'ont pas subi dans le sol une filtration naturelle suffisante ou qui n'ont pas été captées dans des conditions irréprochables.

Nos eaux minérales naturelles belges sont de genres, d'espèces et de degrés de *minéralisation spéciale* assez variés.

L'échelle de minéralisation spéciale qui est généralement admise, est basée sur les nombres-limites ci-après, en concordance sensible avec l'échelle de *minéralisation totale* (voir p. 443) :

très faible : moins de 250 à 300 milligr. de la substance caractéristique par litre d'eau, lorsqu'il s'agit de corps relativement peu actifs, comme le chlorure, le sulfate ou le bicarbonate sodique, ou l'acide carbonique (eaux chlorurées, sulfatées, bicarbonatées ou alcalines, ou carbogazeuses) ;

faible : de 250 à 300 milligr. à 1 gr. environ ;

moyenne : de 1 à 4 gr. ;

forte : de 4 à 12-15 gr. ;

très forte : plus de 12 à 15 gr.

Soit, respectivement, moins de 200 milligr. environ, de 200 à 750, de 750 à 3000, de 3000 à 10 000 et de plus de 10 000 milligr. de chlore, d'ion sulfurique ou hydrocarbonique (et éventuellement les quantités correspondantes de sodium ou de calcium) ou d'anhydride carbonique libre ; et des proportions moins élevées, en rapport inverse avec le degré d'activité, lorsqu'il s'agit de substances caractérisant les eaux sulfurées, arsenicales, potassiques, magnésiques, ferrugineuses, etc. : ainsi les eaux contenant de 0,1 à 1 milligr. de fer par litre sont ferrugineuses très faibles ; de 1 à 5 milligr., ferrugineuses faibles ; de 5 à 30, moyennes ; de 30 à 60, fortes ; de plus de 60, très fortes.

Les principaux types d'eaux minérales actuellement exploitées ou tout au moins découvertes et analysées en Belgique, sont donnés dans l'*Appendice*.

Quelques-unes de ces eaux étaient déjà célèbres dans l'antiquité ou au moyen âge : celles de Tongres, de Spa et de Chaudfontaine notamment. Mais la plupart sont encore méconnues de nos jours.

Pourquoi ne tirons-nous pas meilleur parti de toutes nos ressources hydrominérales ?

Elles présentent, il est vrai, certaines lacunes. Nous sommes pauvres en eaux de degré élevé de minéralisation. Mais si nous nous attachions plus soigneusement à soumettre à des analyses complètes et à des expériences cliniques toutes les eaux rencontrées dans les profondeurs de notre sous-sol, il paraît probable que nous nous trouverions bientôt en possession de toutes les catégories d'eaux minéralisées aux divers degrés, y compris certaines eaux fortement minéralisées (bicarbonatées, sulfatées,

chlorurées, etc.) qu'actuellement nous nous procurons à l'étranger.

En attendant, ces dernières ne pourraient-elles souvent être remplacées, dans le traitement des maladies, par leurs congénères belges de minéralisation plus faible, mais de degré de dissociation ou d'ionisation plus élevé ? On les emploierait, au besoin, en quantité un peu plus grande ou pendant un temps un peu plus long. Faut-il rappeler que les eaux de minéralisation légère offrent, sur celles qui sont plus chargées de matières dissoutes, les avantages de posséder un pouvoir dissolvant plus énergique, d'être plus digestives et généralement plus agréables au goût, d'offrir moins de danger en cas d'emploi abusif ou erroné ?

Bientôt, en exécution d'un règlement nouveau, les eaux de boisson préparées ou vendues en Belgique offriront toutes les garanties de salubrité désirables. Elles devront toujours être accompagnées de renseignements précis sur leur nature, leur composition et leur origine. Les dispositions du décret de 1799, subordonnant à une autorisation préalable le captage ou la préparation ainsi que la vente des eaux minérales, vont être complétées et strictement appliquées. Toutes les mesures sont donc prises pour assurer la bonne qualité de nos eaux.

Dans son rapport sur le projet de règlement concernant les eaux de boisson, le Conseil supérieur d'hygiène dit :

« La note explicative du projet qui nous est soumis se termine par le vœu, déjà exprimé au chapitre de cette note qui est relatif à l'activité sur l'organisme, de voir notre pays tirer meilleur parti de ses ressources hydrominérales. Nous nous associons pleinement à ce souhait, que nous compléterions volontiers, si ce n'était sortir un peu des limites de ce travail, par celui de voir en même temps s'établir chez nous des stations hydrothermales : déjà plusieurs sources ou nappes d'eau profonde ont été reconnues propres à alimenter pareils établissements, et des projets d'exploitation ont reçu un commencement d'exécution ; il y a là pour la Belgique un élément de prospérité qui ne manque pas d'intérêt et qu'il serait fâcheux de négliger. »

On lit dans le Rapport de la Commission de la Chambre des Représentants chargée d'examiner le projet de loi sanitaire déposé en 1912 par le Gouvernement :

« Il existe en Belgique des eaux douées de vertus curatives qui peuvent, au dire de personnes compétentes, rivaliser avec certaines eaux étrangères très appréciées dans notre pays.

» La Belgique importe annuellement pour quatre millions environ, d'eaux minérales et thermales étrangères... Pourquoi ne consommerions-nous pas les eaux minérales et thermales de notre pays plutôt que celles de l'étranger ? »

Espérons que ces suggestions et ces encouragements seront suivis d'effet et que, parmi nos industries florissantes, l'on pourra compter, dans un avenir prochain, au grand avantage de la santé publique, l'exploitation de « nos eaux minérales ».

J.-B. André.

APPENDICE I

CLASSIFICATION DES EAUX NATURELLES BELGES D'APRÈS LE SYSTÈME DU TERRAIN ET LA MINÉRALISATION TOTALE

Les eaux sont désignées par les noms des communes où elles sont recueillies, suivis éventuellement d'indications relatives à la profondeur de la nappe et à l'usage pour des distributions publiques.

Quelques-unes ont été fournies par des puits de sondage malheureusement abandonnés.

Les teneurs en matières dissoutes, de même que les autres renseignements consignés à l'Appendice II au sujet de la composition de nos eaux, sont tirées de publications diverses. Ces teneurs sont indiquées en milligrammes par litre pour chacune des eaux.

Terrains du système **cambrien** :

Minéralisation totale *extrêmement faible* : Jalhay distrib. à Verviers (55 milligrammes), Spa (75), Spa distrib. (60) ;

Minéralisation totale *moyenne* : Spa, Sart et Stavelot à grande profondeur (2 680 milligr.), Ostende à 300 mètres (3 045) ;

Terrains du système **silurien** :

Minéralisation totale *extrêmement faible* : Court-Saint-Etienne (290 milligr.).

Très faible : Faulx (470 milligr.) ;

Faible : Courtrai à 200 mètres (1 710 milligr.) ;

Terrains du système **dévonien** :

Minéralisation totale *extrêmement faible* : Pétigny distrib. à Couvin (90 milligr.), Laroche distrib. (55), Bastogne (150), Bousval (230), Angleur distrib. (120), Seraing distrib. (190), Thuin distrib. (250), Lomprez (175) ;

Très faible : Waudrez distrib. à Binche (405), Dour distrib. (440), Saint-Remy distrib. à Chimay (315), Nalinnes distrib. à Charleroi (545), Fosse distrib. (435), Villers-le-Gambon (550), Chaudfontaine (465), Soignies distrib. (500) ;

Faible : Menin à 155 mètres (1 470) ;

Moyenne : Chevron et Harre à grande profondeur (2 210 et 3 060 milligr.) ;

Terrains du système **carbonifèrien** :

Minéralisation totale *extrêmement faible* : Marcinelle distrib. (285 milligr.) ;

Très faible : Modave (400 milligr.), Vierset distrib. à Huy (425), Spontin (550), Spontin distrib. à l'agglomération bruxelloise (480), Thynes distrib. à Dinant (440), Hastière (515), Aiseau distrib. à Gilly (425), Marche-les-Dames distrib. (515), Onoz distrib. à Auvelais (460), Thiméon distrib. à Jumet (455), Fleurus distrib. (480), Neutvilles distrib. à Braine-le-Comte (530), Baudour (375);

Faible : Tournai à 50-70 mètres distrib. (870 milligr.), Antoing à 32 mètres distrib. (715), Charleroi à grande profondeur (920);

Terrains du système **jurassique** :

Minéralisation totale *très faible :* Guirsch distrib. à Arlon (390 milligr.). Virton distrib. (335 milligr.);

Terrains du système **crétacé** :

Minéralisation totale *très faible :* Ans distrib. à Liége (450 milligr.), Lowaige distrib. à Tongres (405), Strépy distrib. à Houdeng (565), Spiennes distrib. à Mons (495), Quiévrain distrib. (545), Baudour distrib. (470), Vilvorde à 185 mètres distrib. (520);

Faible : Froyennes (1020), Jemappes à 30 mètres distrib. à Flénu (715), Horau à 40 mètres (1770), Termonde à 180 mètres (1440);

Forte : Op-Grimby à 370 mètres environ (7500 milligr.);

Terrains du système **éocène** :

Minéralisation totale *extrêmement faible :* Wiers (145 milligr.), Morlanwelz (135), Renaix (135), Scheldewindeke (260);

Très faible : Velm distrib. à St-Trond (520 milligr.), Neerheylissem distrib. à Tirlemont (545), Mont-Saint-Amand à 60 mètres (375), Anderlues distrib. à La Louvière (410), Fontaine-l'Evêque distrib. à Monceau-sur-Sambre (530), Nivelles distrib. (460), Jodoigne distrib. (585), Héverlé distrib. à Louvain (425), Wavre distrib. (405), Genval (380), Genval distrib. (490), La Hulpe distrib. (465), Wesembeek (375), Braine-l'Alleud distrib. à Bruxelles (575), Grammont (390), Nederbrakel (390), Renaix distrib. (420), Sulsique (355), Volkegem distrib. à Audenarde (580), Sottegem distrib. (570), Dickelvenne (300), Hingene à 70 mètres (400);

Faible : Morlanwelz jusqu'à 50 mètres distrib. (705 milligr.), Gand distrib. (880), Bruges à 33 57 m. (1200), Menin à 75 mètres (1430), Denterghem à 130 mètres (1350), Zele à 200 mètres (1650), Hamme à 220 mètres (1170), Saint-Nicolas à 107 mètres (1900), Tamise à 80 mètres (1150), Hemixem à 87 mètres (1350);

Moyenne : Gand à 168 mètres (2190 milligr.), Ostende à 185 mètres (2870), Blankenberghe à 250 mètres (5650), Anvers à 170 mètres (3970);

Terrains du système **oligocène** :

Minéralisation totale *faible :* Tongres (710 milligr.);

Moyenne : Lierre à 150 mètres (3785);

Terrains du système **pliocène** :

Minéralisation totale *extrêmement faible :* Turnhout distrib. (160 milligr.);

Très faible : Moll distrib. (420 milligr.), Wyneghem (350);

Terrains du système **diluvien** :

Minéralisation totale *extrêmement faible :* Brée (200 milligr.);

Très faible : Melle (540 milligr.), Dickebusch distrib. à Ypres (600);

Terrains du système **moderne** :

Minéralisation totale *extrêmement faible :* Diepenbeek distrib. à Hasselt (230 milligr.), Waelhem distrib. à Anvers (240);

Très faible : Jambes distrib. à Namur (415 milligr.), Thuin distrib. (405), Heyst distrib. (415), Wenduyne distrib. (520), Middelkerke distrib. (460);

Très forte : Mer du Nord (34 000 milligr.).

APPENDICE II

CLASSIFICATION DES EAUX NATURELLES BELGES A MINÉRALISATION SPÉCIALE

Eaux **chlorurées** sodiques, faibles, moyennes ou fortes : Bruxelles à 73 mètres de profondeur (milligr. de chlore par litre : 315), Lierre à 150 mètres (2180), Blankenberghe à 250 mètres (2570), Saint-Nicolas à 107 mètres (810), Op-Grimby à 370 mètres (3690) ;

Eaux **sulfatées** sodiques faibles : Denterghem à 130 mètres (milligr. d ion sulfurique par litre : 325), Menin à 155 mètres (350) et à 75 mètres (415) ;

Eau **chlorurée et sulfatée** sodique moyenne : Varssenaere à 300 mètres environ (milligr. de chlore et d'ion sulfurique par litre : 650 et 910) ;

Eaux **bicarbonatées** sodiques faibles : Bruges à 33-57 mètres (milligr. d'ion hydrocarbonique par litre : 500), Tamise à 80 mètres (585), Hemixem à 87 mètres (695) ;

Eaux **chlorurées et bicarbonatées** sodiques ou mixtes (sodiques et calciques), très faibles, faibles ou moyennes : Chaudfontaine (milligr. de chlore et d'ion hydrocarbonique : 60 et 170), Vilvorde à 185 mètres (160 et 160), Termonde à 180 mètres (320 et 740), Hamme à 220 mètres (325 et 265), Zele à 200 mètres (410 et 350), Anvers à 170 mètres (1680 et 595) ;

Eaux **chlorurées, sulfatées et bicarbonatées** sodiques ou mixtes, faibles ou moyennes : Charleroi (milligr. de chlore et d'ions sulfurique et hydrocarbonique : 195, 170 et 315), Courtrai à 200 mètres (260, 310 et 510), Gand à 168 mètres (385, 330 et 835), Hornu à 40 mètres (475, 235 et 280), Ostende à 185 mètres (820, 380 et 840) ;

Eau **chlorurée** sodique moyenne, **sulfatée et bicarbonatée** sodique faible, **boriquée et arsenicale** faible : Ostende à 300 mètres (milligr. de chlore, d'ions sulfurique, hydrocarbonique, métaborique et hydroarsénique, par litre : 810, 360, 675, 60 et 0,02) ;

Eaux **ferrugineuses** faibles ou moyennes : Wyneghem (milligr. de fer par litre : 3), Mariemont (4), Brée (7), Turnhout (18) ;

Eau **ferrugineuse et magnésienne** faible : Spontin (milligr. de fer et de magnésium par litre : 5 et 35) ;

Eau **ferrugineuse** forte **et bicarbonatée** mixte faible : Froyennes (milligr. de fer et d'ion hydrocarbonique par litre : 55 et 645) ;

Eaux **ferrugineuses et carbogazeuses** faibles, moyennes ou fortes : Tongres (milligr. de fer et d'anhydride carbonique par litre : 4 et 200), Spa (20-35 et 2350), Sart (35 et 2460) ;

Eau **ferrugineuse et carbogazeuse** moyenne **et magnésienne** faible : Chevron (milligr. de fer, d'anhydride carbonique et de magnésium par litre : 25, 1820 et 25) ;

Eau **ferrugineuse et carbogazeuse** moyenne, **bicarbonatée** mixte **et magnésienne** faible : Harre (milligr. de fer, d'anhydride carbonique, d'ion hydrocarbonique et de magnésium par litre : 20, 2280, 525 et 45) ;

Eau **arsenicale** très forte **et ferrugineuse** moyenne : Court-Saint-Etienne (milligr. d'ion hydroarsénique et de fer : 8 et 6).

BIBLIOGRAPHIE

I

Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle, professées à la Sorbonne par C. de la Vallée Poussin, professeur à l'Université de Louvain, membre correspondant de l'Institut de France (ouvrage de la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions*, publiée sous la direction de M. Émile Borel). Un vol. in-8° de VI-150 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Tandis que les hordes ennemies, exécutant avec une brutalité sauvage les ordres iniques d'un commandement sans honneur, souillaient la noble Belgique de leur présence, plusieurs nations amies accueillaient avec empressement les maîtres dispersés de la glorieuse Université de Louvain, trop heureuses de faire bénéficier de la parole de ces maîtres le public de leurs propres étudiants. C'est ainsi que M. de la Vallée Poussin s'est trouvé amené à professer au Collège de France ces remarquables leçons sur les intégrales de Lebesgue, les fonctions d'ensemble et les classes de Baire, qui, dans la *Collection de monographies sur la théorie des fonctions* d'Émile Borel, ont donné naissance à un volume paru en 1916, puis, en Sorbonne, ces leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle, que nous nous proposons d'analyser aujourd'hui.

Le sujet traité dans ces leçons est d'une importance capitale au point de vue de l'application des mathématiques aux problèmes posés par la mécanique et, plus généralement, par les diverses branches de la physique. Les fonctions auxquelles conduit cette application échappent, en effet, bien souvent à la catégorie de celles qu'on peut dire classiques, dont on peut effectuer immédiatement le calcul par les procédés ordinaires de l'arithmétique ou dont on possède des tables étendues. Dans l'ordre des applications techniques, où une très grande approximation n'est généralement pas requise, on a le plus

souvent le moyen d'y suppléer par l'emploi, aujourd'hui de plus en plus répandu, de méthodes graphiques, simples et expéditives, qui dispensent d'opérations beaucoup plus laborieuses. Il est toujours des cas où l'approximation un peu lâche à laquelle on est ainsi conduit ne saurait suffire, où, tout au contraire, on tient à se rendre maître de cette approximation et à se réserver la possibilité de la pousser aussi loin que l'on veut. C'est pour de tels cas que s'impose la théorie développée dans ces leçons par M. de la Vallée Poussin avec tant d'élégance et de sûreté.

Son étude ne porte, à la vérité, que sur deux modes de représentation approchée : la *représentation par polynomes* pour une fonction prise seulement dans un intervalle déterminé, la *représentation trigonométrique* pour une fonction périodique de période 2π. Mais on peut dire de ces deux modes de représentation qu'ils suffisent à tout dans le domaine des applications courantes. La légitimité de leur emploi découle de deux théorèmes fondamentaux, dus à Weierstrass, auxquels l'auteur consacre l'Introduction du volume. Des démonstrations très simples qu'il en donne, visant avant tout la question d'existence, l'une est due à M. Lebesgue, l'autre, bien qu'également inspirée des idées de cet auteur, porte la marque propre de M. de la Vallée Poussin. Il montre l'équivalence des problèmes de l'approximation dans l'un et l'autre mode de représentation, en faisant usage des polynomes considérés en premier lieu par le grand mathématicien russe Tchebichef(1), puis par M. Bernstein qui les appelle des *polynomes trigonométriques ;* il introduit aussi, sous le nom de *module de continuité,* une notion à laquelle il aura constamment recours par la suite et qui lui permet, dès l'abord, de donner une forme condensée à la condition de Lipschitz, puis de la généraliser.

Le chapitre I renferme l'étude de l'approximation par les séries de Fourier et, dès ce début, on est saisi par l'heureux enchaînement des propositions et l'élégante simplicité de leurs démonstrations portant bien la marque de l'auteur.

Pour pousser plus avant dans l'étude de l'approximation trigonométrique des fractions continues, l'auteur a recours à l'importante notion des sommes de Fejér, introduites en vue de

(1) C'est pour nous conformer à une observation que nous avons recueillie de la bouche même de cet illustre géomètre que nous employons ici, pour son nom, cette orthographe, au lieu de celle (Tchebycheff) dont, suivant un usage très courant, se sert M. de la Vallée Poussin.

la sommation de la série de Fourier par le procédé de la moyenne arithmétique, auxquelles est consacré le chapitre II. On y rencontre d'intéressantes contributions personnelles de M. de la Vallée Poussin sous forme soit de démonstrations nouvelles, grandement simplifiées, de certains résultats dus à M. S. Bernstein, soit même de résultats nouveaux touchant notamment la détermination d'une borne de la meilleure approximation fournie par une expression trigonométrique approchée.

En vue d'abaisser la borne précédemment assignée à l'approximation, l'auteur a recours, dans le chapitre III, à des intégrales analogues à celles de Fejér, mais plus rapidement convergentes. Ainsi qu'il en fait lui-même la remarque, une partie des résultats qu'il obtient ainsi ne sont pas sans analogie avec ceux que M. D. Jackson a fait connaître, en 1911, dans sa thèse inaugurale; néanmoins, tant par la méthode suivie que par le plus haut degré de généralité atteint, M. de la Vallée Poussin imprime encore à cette partie de son exposé un cachet bien personnel.

Au chapitre IV, l'auteur s'attaque au problème en quelque sorte inverse du précédent qui consiste, pour une fonction périodique représentable avec une approximation d'un certain ordre, à découvrir les propriétés différentielles qui en sont la conséquence et qui, sous certaines conditions, prennent une forme singulièrement précise.

Dans le Chapitre V, l'auteur passe à l'approximation par polynomes qui, d'après une indication déjà donnée dans l'Introduction, revient à une approximation trigonométrique. Il utilise là d'importants travaux de M. S. Bernstein et de M. D. Jackson, mais en les présentant sous une forme qui lui est personnelle et en y ajoutant des remarques de grand intérêt.

Au Chapitre VI, il aborde, en s'aidant de certains travaux de M. Émile Borel et de M. Bernstein, la question capitale du polynome d'approximation minimum, dont la notion est due à Tchebichef, c'est-à-dire du polynome *unique* — c'est là le point essentiel — qui, pour une fonction donnée prise dans un intervalle donné, fournit la meilleure approximation compatible avec son degré.

Le Chapitre VII contient l'extension aux expressions trigonométriques des théorèmes relatifs aux polynomes d'approximation minimum. M. de la Vallée Poussin y apporte une part notable de remarques nouvelles ingénieusement établies.

On conçoit que les singularités de la fonction représentée

jouent un rôle capital dans l'étude de l'approximation. L'auteur traite à fond le sujet pour les fonctions analytiques présentant des singularités polaires, dans le Chapitre VIII. Il fait voir comment on peut obtenir l'expression trigonométrique d'approximation minimum applicable à chaque élément polaire simple du premier ordre, pour étendre ensuite les résultats obtenus à la meilleure représentation d'une fonction par polynomes dans un intervalle donné.

Généralisant ensuite la notion de pôle en celle de point critique d'ordre fractionnaire, il a recours, dans le Chapitre IX, pour l'étude des fonctions analytiques offrant de telles singularités, à des procédés entièrement différents de ceux qu'il a précédemment utilisés mais qui s'appliquent encore aux singularités polaires, en sorte qu'il se trouve ainsi conduit à des théorèmes plus généraux englobant comme cas particuliers (lorsque l'ordre du point critique devient entier) ceux qui concernent les pôles.

Enfin, dans le Chapitre X, réservé à l'approximation trigonométrique des fonctions entières, l'auteur montre que l'ordre d'approximation sur l'axe réel d'une fonction holomorphe dans tout le plan dépend, en première analyse, du degré plus ou moins rapide de croissance de la fonction quand la variable s'éloigne de l'axe réel.

En dehors des qualités de fond qui distinguent ce savant ouvrage, il convient de louer tout particulièrement l'aisance avec laquelle l'auteur se meut au milieu de ces questions si délicates, la remarquable élégance avec laquelle il effectue des calculs qui risqueraient, sous une autre plume, de paraître lourds et pénibles, l'étonnante lucidité qu'il apporte dans toutes ses explications et qui, à la vérité, supprime l'effort du lecteur On peut dire d'une telle œuvre qu'elle est véritablement achevée.

M. D'OCAGNE.

II

COURS DE MÉCANIQUE, professé à l'École Polytechnique par LÉON LECORNU, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines. Tomes II et III ; 2 vol. gr. in-8° de 538 et 668 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1915 et 1918.

Nous avons déjà analysé dans la REVUE (1) le tome I de ce bel ouvrage. La guerre ne nous a pas permis de rendre compte en

(1) Juillet 1914, p. 241.

temps voulu de l'apparition des tomes II et III. C'est une lacune que nous nous proposons de combler aujourd'hui.

On peut dire que c'est le tome II qui nous fait pénétrer au cœur de la mécanique rationnelle avec la dynamique des systèmes. La cinématique, la statique, voire la dynamique du point, peuvent être regardées comme un prolongement de la science géométrique. On peut encore s'y mouvoir sans être absolument pourvu de ce qu'on appelle le « sens de la mécanique ». Il n'en va plus de même lorsqu'on aborde la dynamique générale, à laquelle, dans l'ouvrage que nous analysons, est consacré le Livre V, et qui a pour objet l'étude du mouvement des systèmes de points matériels, soit libres, soit assujettis à des liaisons. C'est là un domaine classique où nous n'aurons à louer que les qualités de précision et de clarté de l'auteur ; remarquons en particulier la netteté des explications fournies à propos de la notion d'énergie, l'élégance et la multiplicité des exemples qui viennent éclairer les diverses parties de la théorie.

A la suite de la théorie des percussions, sujet également classique, mais dont les difficultés sont ici soigneusement aplanies, l'auteur aborde les équations de Lagrange, qui, dans l'ordre mathématique, constituent l'une des plus belles contributions apportées à l'édifice de la mécanique rationnelle, digne à tout jamais de l'admiration de ceux qui étudient cette science, mais, il faut en convenir, assez peu propre par ailleurs à développer ce sens de la mécanique auquel nous venons de faire allusion. C'est ce qu'a excellemment exprimé Joseph Bertrand dans un passage que reproduit l'auteur et qu'à notre tour nous retranscrirons ici.

« La trop grande habitude de tout déduire des formules fait perdre jusqu'à un certain point le sentiment net et précis des vérités mécaniques considérées en elles-mêmes, et, si la science a gagné d'une manière incontestable à l'introduction de ces méthodes si générales, on peut dire que, par compensation, chaque question doit néanmoins se présenter sous un jour moins lumineux, et qu'enfin les procédés analytiques, dont on fait aujourd'hui un si grand usage, sont plus propres à convaincre l'esprit qu'à l'éclairer en lui permettant de suivre d'une manière intuitive les relations des effets avec les causes. »

C'est — est-il besoin de le dire? — en un sujet aussi délicat que s'affirme particulièrement la maîtrise de M. Lecornu qui ne laisse dans l'ombre aucun point de la théorie, qui l'illustre d'exemples bien choisis, qui en fait découler immédiatement les

conséquences les plus importantes, telles que cette loi générale de la dynamique qui a reçu le nom de principe de Hamilton, qui ne laisse même pas de signaler les fausses applications que l'on peut être entraîné à faire des équations de Lagrange au cas des liaisons non holonomes (c'est-à-dire dépendant des vitesses), faute d'une observation assez stricte des conditions qu'elles supposent.

Le Livre V se termine par la théorie des petits mouvements qu'un système placé dans une position d'équilibre stable peut effectuer dans le voisinage de cette position, théorie fondée sur les propriétés des formes quadratiques.

A la dynamique des systèmes discontinus de points matériels succède, dans le Livre VI, la dynamique des solides invariables, précédée, comme introduction obligée, de la théorie des moments d'inertie. Cette dynamique s'attache successivement à la rotation autour d'un axe fixe, comprenant la théorie du pendule composé, du pendule réversible, du pendule balistique ; au mouvement parallèle à un plan fixe, avec application à l'appareil Desdouits, destiné à faire connaître à chaque instant l'accélération d'un train ; au mouvement autour d'un point fixe, qui, grâce à l'introduction de la belle méthode géométrique de Poinsot, donne lieu à un des plus beaux chapitres de la mécanique et fournit la clef des curieux phénomènes qui se rattachent à l'effet gyroscopique ; au mouvement sur un plan horizontal parfaitement poli, avec application à la toupie ; au mouvement d'un solide entièrement libre, dont des cas particuliers de haut intérêt se rencontrent dans la précession des équinoxes et la dérivation des projectiles ; enfin à l'extension des théories précédentes au mouvement d'un système déformable, avec application à la théorie de l'escarpolette.

Dans tous ces développements, que l'auteur traite à fond, en y faisant concourir les ressources combinées de l'analyse et de la géométrie, aucun détail ne lui semble négligeable, et ses explications, d'une admirable clarté, épuisent toutes les discussions que comportent ces divers sujets.

Une nouvelle étape est franchie, au Livre VII, dans la voie de l'adaptation des principes de la mécanique rationnelle aux phénomènes tels qu'ils se rencontrent dans la réalité, par l'introduction des résistances qui se développent au contact des solides en mouvement ; on entre là dans le domaine de la dynamique des solides naturels. Étudiant les effets dus au glissement,

au roulement, au pivotement, l'auteur utilise, au fur et à mesure, les résultats de cette étude, pour fournir l'explication de toutes les circonstances qui se présentent dans le mouvement du cerceau, de la bicyclette, de la bille de billard, dans les mouvements louvoyants, dans le tirage d'un véhicule ou le démarrage d'une locomotive. Suit la théorie du choc des corps solides, qu'éclaire une critique judicieuse et qui trouve son application au choc des billes de billard, au choc d'une roue contre un obstacle, au battage des pieux de fondation,...

L'enseignement destiné à de futurs techniciens déborde nécessairement le cadre auquel restait traditionnellement bornée la mécanique rationnelle proprement dite, pour pénétrer plus avant dans l'étude des solides naturels, d'une part, des fluides, de l'autre, tout en restant encore sur le terrain de la théorie.

C'est ainsi que le Livre VIII contient un remarquable résumé des principes de l'élasticité, débutant par l'étude géométrique de la déformation d'un système continu, pour aborder, après l'introduction de la notion de tension intérieure, l'étude des relations entre les déformations et les tensions d'un corps solide, qui, dans le cas des corps isotropes, est traitée par une méthode analytique des plus simples.

L'auteur établit les équations classiques de l'équilibre d'élasticité en mettant en lumière les conséquences immédiates qui s'en dégagent, notamment en ce qui concerne la superposition des états d'équilibre, et il introduit, sous une forme des plus aisées, la notion de potentiel interne qui joue ici un rôle capital.

Afin de bien préciser la portée de ces principes, l'auteur en développe une série d'applications à l'étude de la compression normale et uniforme, puis de l'extension longitudinale d'un prisme (à l'occasion desquelles s'introduisent les notions de coefficient de compressibilité et de coefficient d'élasticité), de l'équilibre d'une couche cylindrique, d'où dérive le principe du frettage, de l'équilibre d'une couche sphérique, de la torsion d'un cylindre, enfin de l'équilibre d'élasticité d'une meule tournante, dont l'auteur développe une remarquable solution particulière. Un chapitre tout entier est consacré au problème de Saint-Venant, envisagé successivement dans le cas élémentaire et dans le cas général ; il aboutit, à la limite, au problème dit de la courbe élastique, qui consiste à déterminer la forme prise par la fibre moyenne d'une tige très mince, sollicitée par des forces appliquées à ses extrémités, problème que M. Lecornu ramène

ingénieusement à celui du mouvement d'un solide autour d'un point fixe.

Pour clore cet exposé condensé de la théorie de l'élasticité, l'auteur traite sommairement du mouvement des corps élastiques, et, plus particulièrement, du mouvement par ondes planes, en vue de son application à la propagation de la lumière, soit dans un milieu isotrope, soit dans un cristal.

Le Livre IX, qui occupe le reste du volume, est consacré à la mécanique des fluides, envisagée du point de vue rationnel, et, en premier lieu, à l'hydrostatique. L'auteur, après avoir montré comment cette théorie peut être rattachée à celle de l'élasticité, moyennant l'introduction de la condition qui peut servir à définir mathématiquement l'état de fluidité, établit les équations fondamentales par la méthode ordinaire fondée sur la considération de l'équilibre du tétraèdre et du parallélipipède élémentaire, pour en déduire les applications classiques : principe de Pascal ; équilibre d'un fluide pesant et principe du nivellement barométrique ; équilibre d'un liquide dans un vase tournant ; principe d'Archimède ; équilibre des corps flottants, dont la détermination prend une forme géométrique élégante par l'introduction de la surface des centres de carène, avec discussion des conditions de stabilité.

Au chapitre suivant s'ouvre l'exposé de l'hydrodynamique par l'étude des équations de Lagrange et d'Euler, aussitôt appliquées à la théorie de la houle et du clapotis, ainsi qu'à celle de la propagation des mouvements dans un fluide compressible.

La théorie des tourbillons et mouvements giratoires, que dominent les équations de Helmholtz, fait l'objet d'un chapitre spécial qui se termine par un curieux rapprochement entre l'étude du sens de rotation des cyclones et la théorie du pendule de Foucault. Suivent les propriétés spéciales du mouvement permanent, les notions fondamentales relatives à la résistance éprouvée par les solides en mouvement au sein d'une masse liquide, l'indication des modifications que subissent les principes de la dynamique des fluides lorsque, pour se rapprocher des faits constatés dans l'ordre naturel, on y fait intervenir la notion de viscosité, ce qui conduit entre autres aux lois de Poiseuille.

Avec le tome II sont atteintes, ou à peu près, les limites actuelles de l'enseignement de la mécanique à l'École Polytechnique. A partir de là on passe dans le domaine de la méca-

nique, dite appliquée, qui se trouve aujourd'hui rattachée à l'enseignement des Écoles d'application faisant suite à la première. Mais ce domaine, bien que débordant le cadre de la mécanique rationnelle, par suite du rôle qu'y jouent certaines notions empruntées à l'expérience, comporte encore un appareil mathématique suffisant pour ne pas sembler déplacé dans les programmes d'une école de haute théorie comme est l'École Polytechnique. Il est donc permis d'envisager, dans ces programmes, une évolution plus ou moins prochaine y faisant pénétrer les parties, encore tout imprégnées de théorie, de la mécanique appliquée telle qu'en ont besoin les ingénieurs. Ce sont ces compléments que M. Lecornu a réunis dans le tome III, comprenant la résistance des matériaux, l'hydraulique, la thermodynamique et la théorie des machines. En attendant qu'ils deviennent pour les polytechniciens un objet d'étude immédiate, ils réunissent, pour les ingénieurs déjà lancés dans la carrière, un ensemble de notions d'importance primordiale dont ils ne sauraient assurément trouver sous forme aussi condensée un meilleur exposé.

Mettant à part la thermodynamique, sorte de prolongement de la mécanique rationnelle, qui, moyennant l'adjonction de quelques notions empruntées à l'expérience, la fait pénétrer dans le domaine de la physique (et qui, au reste, a d'ores et déjà sa place marquée dans les programmes de l'École Polytechnique), on peut caractériser les trois autres disciplines susénumérées en disant que, grâce à l'introduction de certaines hypothèses simplificatives, correspondant à une approximation suffisante d'après le contrôle des faits, elles permettent d'étendre l'emprise de la formule mathématique bien au delà des limites que le seul développement de la théorie purement rationnelle, dans l'état présent de nos connaissances analytiques, pourrait nous permettre d'atteindre.

Telle est en gros la façon dont on peut définir l'objet de la résistance des matériaux en ce qui concerne l'étude de l'équilibre et des déformations élastiques des solides naturels, celui de l'hydraulique pour l'étude du mouvement des fluides, et celui de la théorie des machines pour l'étude de l'utilisation industrielle de l'énergie empruntée aux divers agents physiques.

Le Livre X, affecté à la résistance des matériaux, débute par un rappel succinct des principes de la statique graphique, rattachés, d'après les programmes actuels de l'enseignement

de l'École Polytechnique, au cours de géométrie (1). L'auteur aborde ensuite le terrain de la résistance des matériaux proprement dite, en s'attachant à l'étude de la relation entre les efforts agissant sur un solide et ses déformations, au cours de laquelle il signale l'ingénieux emploi, dû à M. Bertrand de Fontviolant, du théorème du travail virtuel combiné avec les hypothèses de la résistance des matériaux. L'application est ensuite faite des principes généraux à l'étude des poutres droites ou courbes, et des anneaux fermés (dont la section des sous-marins apparaît comme un cas particulier), ainsi qu'au calcul des ressorts à lames, ou en spirale, ou en hélice. Pour le cas de l'équilibre élastique d'une plaque, qui offre, comme on sait, de grandes difficultés, l'auteur se borne au cas simple d'une plaque circulaire, d'épaisseur et de charge uniformes, traité par M. Mesnager. Il élucide de même le problème du flambement dans le cas d'une tige rectiligne, puis d'une tige en arc de cercle, enfin d'un anneau fermé.

Pour l'étude des systèmes hyperstatiques, c'est-à-dire doués de liaisons surabondantes et échappant de ce chef à l'application de la seule statique rationnelle, M. Lecornu prend comme point de départ le théorème de Castigliano, dont le théorème de Maxwell sur les coefficients d'influence mutuelle de deux forces et celui de Menabrea, dit du travail maximum, peuvent être regardés comme des corollaires. A titre de cas particuliers de tels systèmes, l'auteur envisage les assemblages réticulaires à barres surabondantes, puis les poutres à travées solidaires, pour lesquelles il démontre le classique théorème de Clapeyron, enfin les voûtes, au sujet desquelles il se borne à de rapides indications.

Le chapitre suivant est consacré aux principes de l'équilibre des masses pulvérulentes, tels qu'ils résultent de la théorie de M. Boussinesq, fondée sur les propriétés du potentiel logarithmique, avec application à la poussée des terres et au calcul des murs de soutènement.

L'auteur passe ensuite au cas de la résistance de corps considérés non plus à l'état statique, mais à l'état dynamique ; après avoir traité le problème de l'écrasement des crushers, capital, comme on sait, depuis les recherches de Sarrau et Vieille, en

(1) Voir, dans le compte rendu de ce Cours de géométrie, publié dans la livraison de janvier 1920 de la REVUE, le passage (p. 188) qui vise précisément ces principes de la statique graphique.

ce qui concerne les mesures balistiques, il étudie en détail l'influence des vibrations longitudinales ou transversales, puis des chocs également longitudinaux et transversaux sur les barres.

Un dernier chapitre fournit, sous forme condensée, d'intéressantes indications sur le rôle que l'expérience peut jouer dans l'étude systématique des conditions d'équilibre élastique d'un ouvrage d'art, notamment sous la forme de cette curieuse méthode, dite d'*auscultation*, instituée par M. Rabut qui en a fait de remarquables applications en vue surtout de la restauration de certains ouvrages qu'un examen moins approfondi aurait pu faire regarder comme définitivement condamnés.

Le Livre XI, consacré à l'hydraulique, s'ouvre par des généralités qui aboutissent à l'extension du théorème de Bernoulli au cas des fluides visqueux par l'adjonction du terme complémentaire mesurant la perte de charge, et à l'explication rationnelle du caractère tourbillonnaire qu'offrent les mouvements de ces fluides.

Le développement de la théorie se scinde ensuite en deux parties suivant que l'on a affaire à un liquide (hydraulique proprement dite) ou à un gaz (pneumatique). Dans l'hydraulique proprement dite, l'auteur envisage successivement les mouvements sans perte notable de charge, comme ceux qui se rencontrent dans le cas de l'ajutage rentrant de Borda ou dans celui des déversoirs, et les mouvements avec perte de charge soit locale, comme celle que peuvent produire un élargissement ou un rétrécissement brusque d'une conduite, un coude ou un ajutage extérieur, soit graduelle, comme celle qui peut être engendrée dans les tuyaux ou les canaux par le frottement ou la viscosité. Chemin faisant, l'auteur s'attache à divers phénomènes liés à ces pertes de charge : coup de bélier dans les tuyaux ; ressaut et diverses variétés d'onde dans les canaux. Il fournit aussi les principales notions relatives à l'action d'un liquide sur un solide.

Le chapitre relatif à la pneumatique comprend les lois des écoulements gazeux et celles de la résistance de l'air, dont, comme on sait, la connaissance s'est sensiblement précisée en ces dernières années grâce aux intéressantes expériences poursuivies en divers laboratoires d'aérodynamique. Il se termine par de précieux renseignements sur les procédés de mesure en usage pour les opérations de ce genre.

La thermodynamique occupe tout le Livre XII. Bien que ayant principalement en vue l'usage qui en peut être fait dans la

théorie des moteurs thermiques, l'auteur, sous cette forme heureusement condensée à laquelle il se tient d'un bout à l'autre de son ouvrage, en donne un exposé très suffisamment complet pour qui veut en saisir toute la portée non seulement dans le domaine des applications industrielles, mais aussi dans celui de la philosophie naturelle. Après un examen très net des principes fondamentaux (principe de l'équivalence et principe de Carnot) introduisant la notion d'entropie, examen qui ne laisse dans l'ombre aucun des points délicats que présente cette théorie, l'auteur s'attaque aux transformations irréversibles pour lesquelles « comme pour la résistance des matériaux, comme pour l'hydraulique, l'ingénieur est obligé, en sacrifiant, s'il le faut, la rigueur mathématique, de quitter le domaine de l'abstraction ».

Il passe de là aux fluides homogènes, à propos desquels interviennent les notions, aujourd'hui classiques, du diagramme de Clapeyron, du diagramme entropique, des fonctions caractéristiques de Massieu, aux gaz parfaits, dont il rattache ingénieusement l'étude à la théorie du viriel, aux gaz réels, pour lesquels il fait connaître l'équation caractéristique de Van der Waals, enfin aux vapeurs au sujet desquelles il esquisse la théorie du même Van der Waals.

Les chapitres suivants traitent de l'écoulement des fluides élastiques, lorsqu'on tient compte du point de vue thermique, ce qui constitue un complément à la pneumatique, des mélanges combustibles et des lois de leur combustion, de la propagation d'une onde plane d'après la loi d'Hugoniot.

Le Livre XIII qui, à lui seul, occupe un bon tiers du volume, est réservé à la théorie des machines, sujet délicat où la haute compétence de l'auteur comme ingénieur lui permet de faire l'emploi le plus judicieux de la théorie, sans jamais perdre le contact avec la réalité.

Il commence par établir avec grand soin les généralités concernant le travail moteur et le travail résistant, l'état de régime, le rendement, le prix de l'effort statique,... et pour les machines dont l'organe principal est un arbre tournant, ce qui est le cas le plus général, le couple moteur et le couple résistant.

Il passe de là aux organes accessoires qui se retrouvent dans la plupart des machines : volant, régulateurs, freins, et en développe une théorie très complète, où il combine très heureusement l'usage des graphiques avec la méthode analytique.

Nous signalerons particulièrement l'étude très remarquable, présentée par M. Lecornu, des régulateurs centrifuges, où il résume les résultats des importantes recherches qu'il a, pour sa part, poursuivies sur ce sujet.

Il analyse ensuite les efforts intérieurs qui se développent dans une machine en mouvement afin d'en déduire, pour chaque pièce qui la compose, les dimensions répondant à la fatigue qui lui est imposée, et traite, de façon générale, la question de l'équilibrage d'une machine. Le chapitre se termine par de rapides indications sur la similitude dans les machines et la classification des récepteurs.

Le chapitre suivant est consacré aux moteurs hydrauliques ; il s'ouvre par des préliminaires relatifs, d'une part, au bélier hydraulique, d'autre part, à l'expression générale du rendement des turbo-moteurs, les seuls dont s'occupe l'auteur, et qui comprennent les roues et les turbines hydrauliques. Chacune de ces catégories de machines fait l'objet d'une étude spéciale, particulièrement poussée en ce qui concerne les turbines, dont on sait la haute importance dans le développement de l'industrie moderne, et à propos desquelles l'auteur fait appel aux travaux aujourd'hui classiques de M. Rateau.

Un chapitre non moins substantiel résume la théorie des moteurs thermiques ; il débute, lui aussi, par des généralités visant principalement l'indicateur de Watt et les perfectionnements qu'y ont apportés divers inventeurs (Desdouits, Marcel Deprez), pour s'attacher ensuite successivement aux deux grandes classes où viennent se ranger ces appareils : moteurs à combustion externe (machines à vapeur proprement dites et turbines à vapeur) et moteurs à combustion interne (moteurs à gaz, moteurs à pétrole, moteur Diesel, turbines à gaz,...). Sur ce sujet si vaste, l'exposé de M. Lecornu fournit, sous une forme parfaitement ordonnée, tout ce qui peut être regardé comme essentiel.

Un dernier Livre, numéroté XIV, contient un aperçu sommaire de tout ce que, jusqu'ici, la théorie a pu nous apprendre relativement à l'aviation, et, plus particulièrement, à l'équilibre, au virage, à la stabilité de l'aéroplane. C'est l'amorce d'un sujet destiné, dans la période où nous entrons, à prendre un grand développement.

Nous ne pensons pouvoir mieux exprimer notre opinion sur ce dernier tome du grand ouvrage de M. Lecornu, qu'en disant que chacun des livres qui le composent constitue un excellent

compendium du sujet auquel il se rapporte, et en ajoutant que, dans son ensemble, ce bel ouvrage restera pour longtemps le traité le mieux approprié aux besoins des ingénieurs, en ce qui concerne leur éducation mécanique.

M. O.

III

Derniers mélanges mathématiques (1880-1913), par Paul Mansion. Un vol. in-8° de II — 187 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Le manuscrit de cet ouvrage était entièrement prêt à la fin de l'année 1918. Des difficultés d'ordre matériel, suite de la guerre européenne, en arrêtèrent à ce moment l'impression. Depuis, la mort est venue interrompre les travaux du savant distingué et du chrétien éclairé que fut Paul Mansion. Né à Marchin-lez-Huy, le 3 juin 1844, il est décédé à Gand, le 16 avril 1919. Sa veuve et ses enfants se sont fait un pieux devoir de publier l'une de ses dernières œuvres, telle qu'il l'avait préparée.

Voici comment, dans sa préface, P. Mansion présente lui-même ces derniers mélanges : « Nous avons publié autrefois, à côté de nos ouvrages sur l'analyse, des articles méthodologiques ou scientifiques, en général très courts, sur l'histoire ou les principes des mathématiques pures et appliquées. Nous avons réuni ces articles en deux volumes de *Mélanges mathématiques*, I (1874-1882), II (1883-1898).

» Dans l'ouvrage actuel, *Derniers mélanges mathématiques*, III (1880-1913), nous complétons plusieurs des articles précédents en quatre mémoires sur l'analyse infinitésimale. Le dernier contient les principales additions introduites en 1892 dans l'édition allemande de notre *Théorie des équations aux dérivées partielles du premier ordre*, dont l'édition française, maintenant épuisée, a paru en 1875. Les principales de ces additions sont dues au regretté Gilbert, de l'Université catholique de Louvain, dont nous reproduisons textuellement un important mémoire. »

Ce tome des mélanges est divisé en quatre parties : I. Principes de la théorie des limites. — II. Principes d'une théorie nouvelle des fonctions d'une variable imaginaire. — III. Sur la théorie des intégrales et des fonctions elliptiques. — IV. Notes sur les équations aux dérivées partielles.

F. W.

IV

ANNUAIRE POUR L'AN 1920, publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Un vol. in-16 de VIII + 708 + 27 + 64 + 70 p. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Ce volume ne présente pas de modification importante à la disposition habituelle des *Annuaires*. Il renferme la deuxième partie de l'étude de M. Bigourdan sur les *Cadrans solaires*, dont la première partie a été insérée dans le volume pour 1918 ; la fin de ce travail sera publiée dans le prochain Annuaire.

Notice A (27 p.). — J. RENAUD. — *La prévision de la houle.* — Il s'agit principalement de la prévision des grandes houles, souvent désastreuses, qui viennent frapper la côte occidentale du Maroc et causées par les dépressions atmosphériques sur le Nord-Atlantique. D'après les éléments météorologiques quotidiens des radiotélégrammes de la Tour Eiffel, les stations marocaines dresseront la carte synoptique du temps et feront la prévision avec une probabilité dépassant 0,9. Les règles proposées sont actuellement à l'essai, et il y a commencement de réalisation au centre maritime de Casablanca.

Notice B (64 p.). — CH. LALLEMAND. — *Les nouvelles unités légales de mesures industrielles.* — La loi française du 2 avril 1919 a rendu officiel le système M. T. S. (mètre, tonne, seconde) mieux adapté que le système C. G. S. aux besoins des grandes industries. L'unité de force est le *sthène*, force qui, en une seconde, communique à une masse d'une tonne une accélération égale à l'unité ; il vaut 10^8 dynes. L'unité d'énergie vaut 10^{11} ergs. L'unité de puissance est pratiquement égale au kilowatt. L'unité de pression est, sous le nom de *pièze*, la pression qui, répartie uniformément sur une surface de 1 m², produit un effort total d'un sthène : l'*hectopièze* est le *bar* des météorologistes.

Le système des *unités calorifiques* s'appuie sur la définition du *degré centésimal* comme unité de température d'après les Conférences générales des Poids et Mesures de 1889 et de 1913. La *thermie* est la quantité de chaleur nécessaire pour élever d'un degré la température d'une tonne d'eau : la *millithermie* et la *microthermie* sont respectivement la grande calorie et la petite calorie. La même loi sanctionne les *unités optiques* suivantes : la *bougie décimale*, telle qu'elle a été définie en 1884 par la Conférence des Électriciens ; le *lumen*, unité de flux lumi-

neux, est le flux lumineux correspondant à une bougie décimale ; le *lux*, unité d'éclairement, est l'éclairement d'une surface de 1 m² recevant un flux d'un lumen ; la *dioptrie*, unité de puissance des lentilles, est la puissance d'une lentille dont la distance focale est un mètre. Le système des *unités électriques* se construit sur l'*ohm* et l'*ampère*, définis en 1908 par la Conférence internationale des unités électriques.

M. Alliaume.

V

Robert of Chester's latin translation of the Algebra of Al-Khowarizmi, with an Introduction, Critical Notes and an English version by Louis Charles Karpinski. Un vol. In-4° de 164 pages et 4 planches hors texte. — London, Macmillan, 1915.

Excellente publication, américaine en réalité, qui peut soutenir sans peine la comparaison avec les meilleurs travaux du même genre publiés en Europe. Elle se divise en deux parties : une introduction historique et bibliographique ; l'édition de la version latine de l'Algèbre d'Al-Khowarizmi, par Robert de Rétines, Robert de Chester, dit-on aujourd'hui. Cette version latine occupe les pages paires de l'édition, et elle a en regard, sur les pages impaires, une traduction anglaise.

Al-Khowarizmi est un personnage trop connu pour qu'il soit nécessaire, ou même utile, de le présenter à l'historien des mathématiques. Son Algèbre est le monument le plus important que les Arabes nous aient légué sur cette science. Le texte original et une version anglaise en furent publiés à Londres par Rosen, en 1831 *(The Algebra of Mohammed ben Musa)*. Plus tard, en 1846, dans le tome V des Nouvelles Annales de Mathématiques (pp. 557-581), Aristide Marre donna la traduction française du chapitre relatif aux mesures. Cette traduction, revue et corrigée, fut rééditée à Rome, en 1866, dans les Annali di Matematica (t. VII, pp. 268-280). C'est à ces publications de Fréderic Rosen et d'Aristide Marre qu'il faut recourir pour connaître la pensée exacte du géomètre arabe, sans les modifications plus ou moins considérables que les traducteurs latins du moyen âge, Gérard de Crémone et Robert de Chester, lui firent subir. Mais ne demandons pas à ces derniers ce qui les intéressait, somme toute, assez peu, je veux dire, des renseignements d'archéologie et d'histoire. Leur but était de donner

un traité d'Algèbre à leurs contemporains, et c'est l'algèbre des XIIe et XIIIe siècles que les traductions de Gérard de Crémone et de Robert de Chester nous font connaître.

Libri s'en rendait déjà compte, car voici comment il s'exprimait dans son *Histoire des Sciences Mathématiques en Italie* (t. I, Paris, 1838, p. 253) : « Afin qu'on puisse comparer le texte de Mohammed ben Musa que M. Rosen a publié, avec les anciennes traductions latines qui se trouvent parmi les manuscrits de la bibliothèque du roi *(Supplément latin* n° 49, f. 110. — *MSS. latins* n° 7377 A. — *Résidu Saint-Germain. Recueil de physique, astronomie et géométrie*, paquet 11, n° 7, in-fol.), nous publions ici la partie de l'ouvrage du géomètre arabe qui est contenue dans ces manuscrits. » Cette publication fait l'objet de la Note XII (pp. 253-299) et fut fort remarquée.

Un Traité d'Algèbre prend facilement aux XIIe et XIIIe siècles la forme d'une traduction plus ou moins libre, ou d'un commentaire d'Al-Khowarizmi ; comme plus tard, toute proportion gardée, toutes réserves faites, un traité de géométrie sera une traduction ou un commentaire des *Éléments* d'Euclide. Or, de tous ces commentaires de l'algébriste arabe, le plus célèbre était, peut-être, celui de Robert de Chester. Jusqu'à la fin du XVIe siècle, il fut un des livres de chevet de maint savant de marque. J'ai dit, dans les ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE, l'estime qu'avait pour lui notre grand Adrien Romain (t. XXX, 2e partie, pp. 267-287 : *Le Fragment du Commentaire d'Adrien Romain sur l'Algèbre de Mohammed ben Musa Al-Khowarizmi)*. Il se proposait de l'éditer avec un ample commentaire. Pour des raisons assez mal connues, l'impression fut interrompue et les quelques feuilles de cet inappréciable trésor que possédait la Bibliothèque de l'Université de Louvain périrent dans le sac de la ville par l'armée allemande !

Revenons au volume de M. Karpinski. L'Université de Colombie conserve, dans sa collection de manuscrits, une copie de la traduction de Robert de Chester, écrite de la main d'un algébriste distingué du XVIe siècle, Jean Scheybl, plus connu sous le nom latinisé de Sceubelius. C'était là un fait bien propre à piquer la curiosité de tout savant américain, et surtout d'un érudit aussi avisé, aussi compétent que M. Louis Karpinski. Une première fois, en 1910, il parla de ce manuscrit dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (3e série, t. XI, pp. 125-131. *Robert of Chester's translation of the Algebra of Al-Khowarizmi)* ; puis, au cours de la guerre, il en donna l'édition critique que nous analysons ici.

Le texte de Robert est établi, du moins principalement, disons-nous, d'après la copie de Scheybl (Columbian University, Ms. X, 512); mais l'éditeur l'a soigneusement collationné avec deux autres manuscrits, l'un de Vienne (Vindob. 4770), l'autre de Dresde (C. 80). Pour donner plus de prix à son travail, il l'enrichit de quatre beaux fac-similés hors texte : une page du manuscrit de Vienne, deux de celui de Dresde, une de la copie de Scheybl.

M. Karpinski nous informe, dans l'introduction, qu'à sa demande, le R. P. B. Lefebvre, S. J., de Louvain, a bien voulu relever, sur une épreuve, les différences qu'il y a entre le nouveau texte et celui d'Adrien Romain. Ceci se passait avant la guerre.

Les bornes imposées à ce compte rendu m'obligent à m'arrêter ici; aussi bien, si je voulais être complet, serais-je insensiblement entraîné à traduire, à peu près en entier, les 63 pages in-4° de l'introduction. Disons encore, cependant, que le volume se termine par un glossaire latin-anglais très utile pour l'intelligence du latin moyenâgeux de Robert de Chester.

Le beau travail de M. Karpinski devra être désormais familier à tous ceux qui parleront de l'Algèbre du moyen âge. Le luxe avec lequel il est édité ne le mettra, peut-être, pas à la portée de toutes les bourses, mais les grandes bibliothèques devront le posséder.

H. Bosmans, S. J.

VI

Unified Mathematics, by Louis C. Karpinski, Ph. D., professor of mathematics, University of Michigan; Harry Y. Benedict, Ph. D., professor of applied mathematics, University of Texas; and John W. Calhoun, M. A., associate professor of pure mathematics, University of Texas. Un vol. in-12 de viii-522 pages, avec un très grand nombre de figures, mais qui ne sont pas numérotées. — New-York, Heath, 1918.

Très beau volume, richement illustré, fort intéressant, mais que je ne sais trop sous quelle rubrique classer. Il ne consiste pas en récréations mathématiques au sens de Rouse Ball, d'Ahrens ou d'Édouard Lucas. Il consiste encore moins en un choix de problèmes modelés sur les exercices annexés à la partie théorique de nos traités en vogue. Si MM. Karpinski, Benedict et Calhoun avaient écrit en français, je dirais que leur recueil est

un livre de distribution de prix destiné aux élèves de première scientifique et que ce livre est excellent.

Les auteurs ont exclu systématiquement de leur volume la géométrie élémentaire et la géométrie descriptive. Cette élimination faite, ils cherchent à persuader à leurs jeunes lecteurs, que l'arithmétique, l'algèbre, la trigonométrie et la géométrie analytique ne sont pas, comme qui dirait quatre étiquettes collées sur quatre compartiments distincts de la science, séparés entre eux par des cloisons étanches. D'où le titre *Unified mathematics*. Pour le futur ingénieur toutes ces formes des mathématiques doivent se fusionner en un instrument unique qu'il importe d'avoir le mieux possible en main.

De là un autre côté original du volume. Nos livres d'exercices ont tous pour but principal, voire à peu près exclusif, de mettre l'élève à même de s'assurer qu'il comprend bien la théorie et qu'il sait l'appliquer. C'est utile, indispensable même, personne ne le conteste ; mais, au gré du grand nombre des élèves, c'est aussi ennuyeux, aussi aride que la théorie pure. Ici, le but est tout autre : intéresser en instruisant, mais avant tout intéresser. Pour cela, les auteurs choisissent des problèmes relativement faciles, mais basés sur des données concrètes exactes, telles que les futurs ingénieurs en rencontreront plus tard. Pourquoi ne pas l'avouer, car nous sommes, en Europe, si étrangers à l'esprit positif des Américains : c'est avec quelque surprise que nous lisons, dans la préface, la longue liste des professeurs et des savants, qui se sont mis en frais pour fournir aux auteurs des renseignements vécus et des chiffres conformes à la réalité. Sur la foi de ces autorités nous les acceptons de confiance ; car notre incompétence nous défend de les apprécier.

On peut juger d'après ce qui précède, que l'ouvrage est très suggestif. Mais, pour ne pas me contenter de cette remarque générale et par là même un peu vague, je signalerai, dans beaucoup de figures, l'usage d'un papier quadrillé, analogue au papier millimétrique employé chez nous dans les brouillons d'épures de géométrie descriptive. L'allure de certaines fonctions en devient singulièrement parlante aux yeux des débutants.

H. B.

VII

INTRODUCTION A LA SCIENCE ACTUARIELLE, par L. GUSTAVE DU PASQUIER, professeur à l'Université de Neuchâtel. Un vol. in-8° de 174 pages. — Neuchâtel, Delchaux et Niestlé, 1919.

Le docte professeur suisse a fourni de 1906 à 1919 près de vingt publications, la plupart en langue allemande, relatives, les unes, à la théorie des nombres, les autres, à la science actuarielle. Le livre présent est un exposé élémentaire des opérations viagères. Le Chapitre I énumère les principaux types de contrats et expose la notation internationale. Pourquoi l'auteur, plus ami de la science allemande que de la science anglaise, ne dit-il pas que cette « notation internationale » est précisément la notation de l'*Institute of Actuaries* de Londres, que le Congrès international des Actuaires tenu à Bruxelles en 1895 a contribué à faire adopter universellement. et pourquoi ne fait-il point connaître à ses lecteurs l'ouvrage fondamental, le *Text-Book de l'Institut des Actuaires de Londres,* de GEORGES KING, traduit en français par notre compatriote AMÉDÉE BÉGAULT (IIe partie, Bruxelles, Bruylant-Christophe, 1894) ? Les Chapitres II et III traitent des bases financières (intérêt et escompte) et des bases statistiques (table de mortalité) des opérations viagères. Le Chapitre IV s'occupe de la méthode eulérienne : l'auteur rattache le nom d'Euler à une façon d'appliquer la méthode partout admise pour le calcul des rentes et assurances. On sait que partout les actuaires rejettent les formules basées sur les notions, fausses et dangereuses, de la vie probable et de la vie moyenne et construisent des formules où entrent en jeu toutes les données numériques de la table de mortalité, depuis l'âge x du contractant jusqu'à l'âge ω du dernier survivant, et où se traduit assez bien la marche de la capitalisation des intérêts. Le Chapitre V a pour objet les réserves mathématiques. Des tables numériques terminent le volume.

L'auteur suisse se trompe fort en disant, dans sa préface, qu'en langue française il n'existe point de livre remplissant les desiderata qu'il a voulu combler. En France et en Belgique, il ne manque point, depuis un quart de siècle, d'ouvrages théoriques et pratiques écrits en vue de lecteurs munis des premiers éléments de l'Algèbre. Au surplus, le livre de M. Du Pasquier a ses mérites propres. — Quelques expressions et notations sont

peu habituelles aux lecteurs français, mais ne les embarrasseront point (par exemple, *limes x* pour *limite de x*; $x \to \infty$ pour $x = \infty$) : le signe d'identité, que l'auteur forme des deux signes d'égalité superposés, est lourd et encombre fort les pages : le simple signe = pouvait suffire dans bon nombre de ces égalités.

L.

VIII

COURBES GÉOMÉTRIQUES REMARQUABLES COURBES SPÉCIALES PLANES ET GAUCHES, par H. BROCARD et T. LEMOYNE. Tome I, in-8° (25 × 17) de VIII-451 pages, avec 55 fig. dans le texte. — Paris, Vuibert, 1919.

Cet ouvrage, qui comprendra trois volumes, est le développement des *Notes de bibliographie des courbes géométriques*, publiées en 1897 et 1899. Les auteurs ont groupé, par ordre alphabétique, les courbes géométriques qui, par un ensemble de propriétés particulières remarquables, ont attiré l'attention des chercheurs. En général, les démonstrations ne sont pas données. On consultera les travaux signalés, pour chaque courbe, dans la bibliographie. Il n'est guère donné de résultats nouveaux et il n'y avait pas lieu, puisqu'il s'agit d'une véritable encyclopédie de la question.

Toutes les fois que cela est possible, chaque courbe spéciale algébrique est définie par son ordre, sa classe et ses propriétés particulières relativement aux points cycliques et à la droite de l'infini. Par exemple : la cissoïde est donnée comme cubique circulaire à point de rebroussement, ou de 3e classe (ce qui revient au même, d'après les formules de Plücker) : l'hypocycloïde à trois rebroussements, comme courbe de 3e classe, bitangente à la droite de l'infini aux points cycliques ; etc. Les auteurs ont eu bien raison de procéder ainsi : car l'exposé en acquiert plus d'unité que si l'on définit les courbes par leur mode de génération. En suivant cette dernière méthode, on risque de masquer l'analogie profonde des propriétés de diverses courbes et, inconvénient plus grave encore, ce procédé de définition ne conduirait que difficilement à une théorie un peu étendue de ces lignes.

Des courbes peu intéressantes, ne correspondant à aucun type particulier de classification et ne jouissant pas de propriétés caractéristiques, ont parfois reçu plusieurs noms au cours des

siècles. A cause de leur forme bizarre, ou de la difficulté de leur quadrature, ou pour d'autres raisons futiles, elles ont joui d'une célébrité imméritée, funeste au progrès de la science. Par contre, bien des courbes remarquables n'ont pas encore reçu de nom. C'était le cas pour la cochléoïde avant 1885. L'ouvrage s'occupe donc d'un grand nombre de lignes géométriques qui n'ont pas de dénomination spéciale.

Ce premier volume, qui va jusqu'à la rubrique « Courbe auxiliaire », comporte 116 articles, de longueur et d'importance très inégales.

Une large place (27 pages) est faite à la théorie et aux propriétés (on en donne 73) des courbes algébriques planes d'ordre quelconque. Les auteurs espèrent, en effet, qu'un jour la théorie des courbes prendra, au moins dans ses fondements, le caractère de simplicité qui lui manque encore aujourd'hui et que les propriétés si diverses n'apparaîtront plus comme un ensemble de vérités séparées, mais au contraire « s'enchaîneront comme les diverses mailles d'un vaste réseau ». Il nous semble qu'on pourrait faire à ce sujet une remarque en invoquant la théorie des formes algébriques ; mais passons. L'ouvrage s'occupe aussi, comme cas spéciaux, des courbes générales du 2e, du 3e ou du 4e degré ; et des lignes qui sont liées aux courbes algébriques, soit directement (développées, orthoptiques, isoptiques), soit par certaines transformations (anallagmatiques, caustiques, inverses, podaires, antipodaires, polaires réciproques, etc.). On donne maints exemples de détermination de lieux et d'enveloppes par le principe de correspondance, et l'on indique les principales propriétés communes aux systèmes de courbes algébriques planes et à de nombreuses classes de courbes transcendantes remarquables. Ce n'est pas le moindre intérêt du volume.

On a étudié en détail les anallagmatiques (20 pages), les caustiques (50 propriétés) et anticaustiques (28 pages), les antipodaires (7 pages, 28 propriétés), les astroïdes (17 pages, 23 propriétés), la cardioïde (17 pages, 47 propriétés), les chaînettes (14 pages), les cissoïdes (24 pages), les conchoïdes (8 pages), ainsi que les courbes anharmoniques (8 pages), ces dernières jouissant de la propriété de se transformer en elles-mêmes par une infinité de transformations linéaires ou, ce qui revient au même, par une transformation linéaire infinitésimale.

Les coniques et les systèmes de coniques font l'objet d'un exposé (123 pages) dont l'étendue se justifie par l'importance qu'elles ont. On lira avec intérêt une série de formules qui,

établies par des raisonnements très simples, donnent, instantanément, sans effort et sans calcul, la solution de la plupart des problèmes de géométrie analytique plane posés aux concours des grandes écoles et relatifs aux courbes du second degré. On donnera des propriétés permettant de connaître le degré de lieux des centres, des foyers, des sommets, des systèmes les plus simples de coniques assujetties à quatre conditions ; enveloppes des asymptotes, des axes, des directrices, des tangentes aux sommets de ces coniques. S'agit-il de chercher, par exemple, l'enveloppe des axes des paraboles inscrites à un triangle, celle des axes des paraboles circonscrites, celle des axes des paraboles conjuguées à ce triangle, celle des axes des paraboles passant par un point et tangentes à une droite en un point donné ? Une seule formule donne immédiatement les résultats et montre *a priori* — ce que ni les calculs souvent pénibles de la géométrie analytique, ni les raisonnements parfois délicats de la géométrie pure ne permettent de pressentir — qu'on obtient dans les quatre cas la même courbe, une hypocycloïde à trois rebroussements.

En général, la bibliographie est abondante. Mais souvent, et c'est le cas notamment pour les courbes algébriques générales, on a dû, afin d'éviter un fâcheux encombrement, faire un choix et ne citer que des travaux se distinguant, soit par leur date, soit par leur importance et la notoriété de leur auteur.

Ce tome premier se termine par deux Tables. L'une donne, alphabétiquement, les noms des 450 auteurs cités. Parmi les plus marquants, il y a : Chasles, Liouville, Plücker, Steiner, Cayley, Salmon, Cremona, Laguerre, Halphen. L'autre Table, celle des matières, est détaillée et commode.

Bien qu'il n'ait pas été écrit spécialement à leur usage, les candidats aux grandes écoles trouveront dans ce livre des méthodes précieuses, donnant le moyen de résoudre facilement nombre de problèmes de géométrie analytique et il offrira aux professeurs une source abondante d'exercices. Il intéressera aussi certaines catégories d'ingénieurs, et, ne faisant double emploi avec aucun autre, il a sa place marquée dans la bibliothèque de tous ceux qui s'intéressent aux sciences mathématiques.

M. Lecat.

IX

Logica Matematica, par M. C. Burali-Forti. Un volume in-12 de xxxii-483 pages. — Milano, Hoepli, 1919.

La seconde édition — entièrement refondue — de la *Logique Mathématique* se présente sous la forme avenante et pratique des manuels Hoepli.

Si nous demandons à l'auteur son intention, il nous répondra sans doute par ce texte de la préface : « Le symbolisme logique présente deux aspects : il est une écriture abrégée, une tachigraphie ; il est un puissant instrument d'analyse des idées, de leur liaison logique, de leur développement. De là, pour moi, l'obligation d'examiner et d'exposer ces deux aspects : donner donc au lecteur un aperçu complet du symbolisme logico-idéographique ; faire voir comment il sert à l'analyse des idées, soit en en précisant quelques-unes des plus importantes, ou des plus communes, soit en relevant les erreurs nombreuses qui se glissent sous la forme imprécise et sournoise du langage ordinaire. »

Ce projet, l'auteur le réalise avec un talent vraiment original. Nous ne pouvons ici le suivre pas à pas, d'autant que l'idéographie italienne est presque totalement inconnue dans nos pays où la logique algébrique est lente à conquérir sa place. Fort heureusement, il n'est besoin d'aucun symbolisme mystérieux pour signaler les puissantes qualités d'esprit qui laissent leur empreinte à chaque page de la *Logica Matematica* : l'acuité de la perspicacité la plus fine, la rigueur de l'exactitude la plus minutieuse, la vision très claire des illogismes les plus dissimulés, autant de qualités qui feraient de M. Burali le meilleur des maîtres de Logique. Appliquées à l'étude et à l'enseignement des mathématiques, elles devaient aboutir à une critique très précise des notions fondamentales de cette science ; nous en lisons le résultat aux deux derniers chapitres, où sont passées successivement au crible les idées de longueur, de vecteur, de nombres réels, rationnels ou entiers, de grandeur, d'infini..., etc. Nous ne soutiendrons pas que toutes les conclusions adoptées soient définitives ; au reste, ce n'est pas indispensable à la valeur de l'œuvre.

Avouons toutefois que nous y avons retrouvé — il fallait s'y attendre — la tournure d'esprit, parfois déconcertante pour

nous, de l'école péanienne. La formulation algébrique de la pensée conduit insensiblement les logisticiens à se laisser trop prendre aux curiosités possibles du maniement des symboles. Ils deviennent de véritables jongleurs en idéographie, sans s'inquiéter de ce que peuvent bien représenter dans la réalité les équations qu'ils alignent sans fin. Padoa n'arrive-t-il pas à « démontrer une proposition sans s'inquiéter de ce qu'elle dit » ? A son tour, Burali s'attarde à prouver deux propositions qui, si l'on y regarde de près, ne sont autres que les principes d'alternance et de contradiction ! — De plus, les logisticiens veulent expliciter jusqu'au moindre sous-entendu du langage, et cela encombre si bien les écritures que Burali lui-même se voit forcé parfois de clarifier ses expressions chiffrées, en y glissant à son tour des sous-entendus. Il est vrai que les alignements broussailleux de signes ne l'effraient pas. Il en prend sans peine son parti : « Pourrait-on, dit-il, sacrifier la rigueur à la simplicité ?... Si un concept est complexe, c'est une utopie de vouloir le simplifier en l'exprimant sous une forme incomplète et partant erronée. »

Est-ce à dire que la méthode soit infructueuse ? Non pas ! Au contraire, le livre entier abonde en remarques originales dont elle fut l'occasion, si pas la source. Je n'en veux pour preuve que les quelques pages consacrées à la valeur de la démonstration par l'absurde. Après en avoir traduit très clairement les trois types, l'auteur arrive, par d'ingénieuses transpositions de termes, à les réduire à l'expression idéographique du raisonnement direct ; puis il conclut : « Possiamo dire che non si comprende affato la commune avversione per il metodo di riduzione all' assurdo ». La conclusion est modeste. Peut-être eût-on pu établir, sur les mêmes données, que la démonstration par l'absurde n'est qu'un procédé plus facile, dont l'esprit se contente par une demi-paresse. En effet, si la négation d'une thèse entraîne la négation d'une hypothèse (admise ou démontrée), c'est que l'affirmation de cette hypothèse précontient l'affirmation de la thèse. Dès lors, *a priori*, une démonstration syllogistique pourra toujours se substituer à la preuve *ab absurdo* ; dans la pratique, celle-ci sera cependant plus à portée de la main, à mesure qu'on se rapprochera des points de départ de la science étudiée.

En terminant, signalons la surprise que nous avons ressentie à trouver si fréquemment, au fil des chapitres, les invectives que le maître adresse de droite et de gauche, parfois sans ména-

gements : « Vu que de pareils non-sens — il s'agit de définitions élémentaires — peuvent circuler à plaisir dans les écoles, vu que les livres de texte, pour être adoptés, doivent être autorisés, vu qu'il existe un inspecteur chargé de donner libre circulation à ces livres, on peut se dire : Mais cet inspecteur, ou bien il ne fait rien, ou bien il n'est pas à sa place ! » C'est un exemple entre mille ! On a le sang chaud sous le ciel d'Italie et l'habitude n'y est pas de moucheter son fleuret, même dans les duels d'idée. N'importe ! De ce côté des Alpes, nous sommes moins faits à cette conception combattive des traités scientifiques.

De plus, il nous semble utile de signaler au distingué professeur de Turin combien le lecteur est embarrassé de trouver, glissées à même le texte, entre parenthèses, les références d'ailleurs multipliées à plaisir ; nous lui aurions su gré d'avoir gardé, au cours de l'ouvrage, le renvoi au bas des pages dont il avait fait usage dans la préface.

R. Lange, S. J.

X

Méthode rapide pour le calcul des intérêts simples et des déductions, par L. Pré, commis principal des contributions indirectes. Un volume in-8° écu de 214 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Dans le Commerce et la Banque on se sert depuis longtemps de diverses méthodes expéditives pour le calcul des intérêts ; telles la méthode des diviseurs fixes et celle des parties aliquotes. M. L. Pré vient de trouver une nouvelle manière de procéder, basée sur la détermination de la valeur des intérêts en fonction du plus grand multiple de 9 entrant dans la composition du capital. Les 360 tables, qui constituent la partie pratique de la brochure, permettent de trouver directement les éléments du calcul de l'intérêt pour un nombre de jours déterminé. Le produit du taux d'intérêt par le temps une fois connu, une simple addition donne le résultat cherché.

La disposition des tableaux est fort heureuse et rend ceux-ci faciles à consulter ; il serait cependant avantageux de perfectionner pratiquement cet instrument de travail, en découpant des encoches permettant d'ouvrir du coup la brochure à la page où se trouvent les éléments nécessaires à la solution du problème.

J. S.

XI

Le Radium, interprétation et enseignement de la radioactivité, par Fr. Soddy. Traduit de l'anglais par A. Lepape. Un volume (12 × 18) de III-375 pages, avec 37 figures. — Paris, Félix Alcan, 1919.

Ce petit volume, exempt de formules, comblera les vœux de bien des personnes dont l'appareil mathématique employé dans les grands traités de Rutherford et de Mme Curie contrariait le vif désir de se mettre au courant d'un des plus passionnants épisodes des conquêtes scientifiques modernes.

La première édition anglaise remonte à 1908. Mais la troisième, sur laquelle est faite la traduction, est de 1912. De plus, l'auteur a écrit spécialement pour cette traduction un chapitre entièrement nouveau, le XIIIe, et introduit dans le texte, à divers endroits, de nombreuses corrections de mise au point. Ainsi préparé, l'ouvrage devait paraître en juillet 1914, mais la guerre en arrêta la publication. Ce délai a été mis à profit par le traducteur pour introduire dans le texte et surtout pour grouper dans un appendice final toute la substance des travaux, d'ailleurs peu nombreux, parus de 1914 à 1919.

C'est dire qu'on ne saurait désirer un tableau plus complet et mieux à jour des derniers progrès de la science dans ce domaine si séduisant. Peu d'auteurs, d'autre part, ont une compréhension plus vaste et plus intime du sujet, car le professeur Soddy est un de ceux qui ont le plus contribué par leurs travaux personnels à la formation de la science qu'il nous présente. Cette compétence hors ligne, jointe à un talent d'exposition remarquable et digne en tout point de la grande tradition des conférenciers anglais, nous a valu un vrai petit chef-d'œuvre.

C'est, en effet, une série de conférences faites à l'Université de Glasgow qui est à l'origine du livre de M. Soddy. Elles étaient appuyées d'expériences qui sont décrites et illustrées dans le texte. Les premières conférences, devenues sans doute les premiers chapitres, traitent de la découverte de la Radioactivité, du Radium et de ses propriétés, du rayonnement des substances radioactives, de l'origine de l'énergie du Radium et de l'Émanation, de la relation entre l'Hélium et les éléments radioactifs, de la théorie de la désintégration atomique et des lois des

transformations radioactives. Ce dernier chapitre (Chap. VII) est particulièrement bien fait, et ceux qui ne sont pas spécialistes pourront s'y former une idée exacte de la manière dont se passent les désintégrations atomiques, de ce qu'on entend par la vie moyenne d'un atome, de l'équilibre radioactif et de la loi très importante qui en découle, savoir que dans une série de transformations successives, un produit s'accumule jusqu'à ce qu'un rapport fixe entre sa quantité et celle de son générateur soit atteint, et ce rapport est directement proportionnel à leurs vies moyennes respectives. Grâce à cette loi, on peut déduire de la vie moyenne d'un produit sur lequel cette constante a été déterminée directement, la vie moyenne d'un autre produit qui ne se prête pas à cette détermination, pourvu qu'on ait mesuré les masses relatives de ces produits en équilibre. C'est ainsi qu'on a réussi à déterminer la vie moyenne du Radium en partant de celle de l'Émanation, celle de l'Uranium en partant de celle du Radium, etc. Les relations entre l'Uranium et le Radium sont précisées dans le chap. VIII, et le chap. IX est consacré aux transformations successives du Radium.

Les chapitres X et XI énoncent les conclusions générales de l'étude précédente. Le premier est intitulé : *La Radioactivité et la nature de la matière*. Il s'y rencontre des considérations intéressantes sur l'abondance relative des éléments dans la nature, en rapport avec leur stabilité. L'autre a pour titre : *La Radioactivité et l'évolution du monde*. Il traite de la probabilité de la désintégration de la matière en général, de l'énergie interne correspondante et des chances que nous avons de pouvoir l'utiliser un jour, enfin de l'évolution géologique et même cosmique, que fait envisager l'extension de ces considérations au globe terrestre et à l'univers pris dans son ensemble. Suivant ensuite d'assez fâcheux exemples, notre auteur s'aventure un moment à pousser ses conclusions jusque sur le terrain de « la Mythologie » et « de la chute et de l'ascension de l'homme ».

Le chapitre XII contient les résultats techniques de l'étude des séries de désintégration du Thorium et de l'Actinium. C'est une addition faite à la troisième édition anglaise pour y incorporer les résultats des études récentes dans ce domaine. Il n'offre pas le même intérêt d'ordre général que le chapitre XIII, qui a été spécialement écrit pour l'édition française. Celui-ci a pour sujet la structure intime de l'atome ; c'est sans aucun doute un de ceux qui plairont le plus aux lecteurs qui n'ont pas pu suivre pas à pas dans les Revues spéciales le développement des travaux

des J. J. Thomson, des Rutherford, des Soddy, etc. Les chimistes, notamment, trouveront des plus attrayantes les considérations sur la loi périodique des éléments, sur le rôle prépondérant non pas des poids atomiques, mais des nombres atomiques, c'est-à-dire du rang des éléments dans la table périodique, sur les *isotopes*, ou sur les éléments qui occupent le même rang dans cette table et sont caractérisés par les mêmes propriétés chimiques, sans avoir toutefois le même poids atomique, enfin sur les spectres de rayons X des éléments.

Ce sont ces mêmes sujets dont les développements récents postérieurs à 1914 sont présentés dans l'Appendice ajouté par le traducteur à l'ouvrage de M. Soddy. En voici un aperçu d'après la Table des Matières : Origine de l'Actinium. — Produits ultimes des désintégrations radioactives. — Propriétés des éléments isotopes. — Les spectres de rayons X et les nombres atomiques. — La nature des rayons gamma. — L'organisation intérieure de l'atome et la genèse des éléments. — L'abondance relative des éléments dans la nature. — La cause de la radioactivité et la transmutation artificielle de la matière.

V. S.

XII

Mesures pratiques en radioactivité, par W. Makower et H. Geiger. Traduit de l'anglais par E. Philippi. Un volume (14 × 23) de VII-181 pages, avec 61 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Le professeur E. Rutherford a organisé dans l'Université de Manchester, à côté de son fameux laboratoire professoral de Radioactivité, un laboratoire élémentaire où les élèves désireux de s'appliquer à cette branche séduisante des recherches modernes, s'initient aux méthodes de préparation et de mesure. Là est née l'idée de ce manuel pratique, dû à deux collaborateurs connus du célèbre physicien qui sont placés à la tête de cet enseignement préparatoire. Le but a d'ailleurs été élargi immédiatement, dans le dessein de montrer que, contrairement à la croyance commune, les méthodes ne sont ni si coûteuses qu'on pourrait le croire, ni conditionnées par l'emploi de grandes quantités de substances radioactives, et que par suite il serait extrêmement avantageux de les introduire partout dans les laboratoires de physique et de chimie, étant données leur puissance et leur fécondité pour scruter les phénomènes atomiques.

D'autre part, néanmoins, les auteurs ont voulu que leur ouvrage pût servir également aux travailleurs qui poursuivent des recherches originales. Dans ce but, ils donnent des tables de constantes radioactives et approfondissent certains points qui n'appartiennent plus à une initiation sommaire, tels que les méthodes de mesures exactes au moyen d'étalons, et les procédés de séparation des éléments radioactifs ordinairement associés.

L'ouvrage est imprimé sur un de ces beaux et solides papiers d'avant la guerre, que nous ne connaissons déjà presque plus.

V. S.

XIII

Précis d'électricité théorique, par Léon Bloch, Docteur ès sciences, Préparateur suppléant à la Sorbonne. Un volume in-8° de VI-476 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Nous ne pouvons qu'applaudir à la tentative opportune de M. Bloch, d'offrir au public français un exposé clair et précis de la théorie de Maxwell-Hertz, servant d'introduction à la théorie des électrons, à l'optique électromagnétique et à la théorie de la relativité. Il n'existait pas, à notre connaissance, de traité français de ce genre : l'ouvrage *Électricité et Optique* de H. Poincaré est à la fois trop étendu et trop spécial, et forme en somme une œuvre ésotérique ; une remarque analogue — relative surtout au caractère particulier des questions qu'elle traite — peut être faite au sujet de l'étude si profonde de P. Duhem, intitulée *Les théories électriques de J. C. Maxwell* ; le *Cours de Physique* de H. Bouasse — quels que soient son mérite et son originalité — ne présente pas la concision et la condensation nécessaires, pas plus que le fini de la rédaction ; le *Traité de Physique* de O.-D. Chwolson — probablement à cause de l'énorme travail de synthèse qu'il suppose chez son auteur — est trop prolixe et trahit çà et là des défauts d'homogénéité, des lacunes de soudure ; en outre, il disperse dans une série de volumineux fascicules des idées qu'il y aurait intérêt évident à rapprocher et à réunir.

Les ouvrages allemands — de L. Boltzmann, de C. Schaefer, de F. Richarz, de E. Cohn, de M. Abraham et de P. Drude — il faut le dire, sont généralement mieux conçus pour l'initiation des jeunes intelligences à ces théories élevées de la Physique

mathématique ; en particulier les traités de M. Abraham et de P. Drude — celui-là plus intuitif, plus concis, mais lacunaire, celui-ci plus élémentaire, plus expérimental, mais beaucoup plus prolixe — nous paraissent d'heureux essais au point de vue didactique. Il y avait donc intérêt, nous semble-t-il, à traduire et à adapter aux besoins du public français l'élaboration des professeurs d'Outre-Rhin ; un intérêt, encore plus grand, résidait dans la présentation au même public, sous une forme assimilable, des théories *up to date* de H.-A. Lorentz et A. Einstein (ou du moins les éléments de ces théories). C'est ce qu'a fait M. Bloch. Hâtons-nous de dire que le *Précis* est loin de n'être qu'une simple adaptation au génie latin des idées exposées par les savants germains ; M. Bloch y met sa note personnelle, spécialement dans les réflexions concernant les conceptions, aujourd'hui démodées, de la Théorie de Maxwell-Hertz, telles que celle des diélectriques caractérisés par une simple homographie entre les vecteurs « induction » et « champ » électriques, celle de Hertz relative aux corps en mouvement, etc. On peut regretter que les formules si élégantes et si intuitives de l'Analyse vectorielle n'y figurent qu'à titre de simples tachygraphes et ne se déduisent pas de raisonnements vectoriels absolus ; il en résulte, en effet, un manque d'homogénéité formelle dans les calculs et un obstacle dans le chemin d'accès à la synthèse des grandeurs physiques dirigées. Mais on doit apprécier le mérite de l'auteur qui sait rompre avec les traditions surannées de l'École française relatives à l'emploi exclusif de l'algorithme cartésien.

Voici les titres des chapitres : I. Électrostatique. — II. Diélectriques. — III. Énergie électrostatique. — IV. Lois du courant électrique. — V. Champ magnétique des aimants. — VI. Champ magnétique des courants. — VII. Corps ferromagnétiques. Aimants permanents. — VIII. Action des courants sur les courants, des aimants sur les courants, des aimants sur les aimants. — IX. Induction. — X. Équations générales du champ électromagnétique dans les corps au repos. — XI. Phénomènes quasi-stationnaires. Oscillations électriques. — XII. Propagation des ondes. Rayonnement. — XIII. Optique électromagnétique. — XIV. Électrodynamique des corps en mouvement. — XV. Optique des corps en mouvement.

L'auteur a voulu rendre tout à fait accessibles aux étudiants français les nouvelles théories électromagnétiques ; c'est pour cela, manifestement, qu'il recourt plusieurs fois à la théorie

d'action à distance : il le fait dans l'évaluation de la pression électrostatique, dans la recherche de l'expression de l'énergie électrostatique, etc. Aussi ne peut-on lui tenir rigueur de l'introduction de ces considérations erratiques. En somme, les deux défauts qui, à première vue, semblent déparer son intéressant *Précis,* doivent être attribués au souci qu'il a de lancer, à l'intention et au profit des étudiants initiés seulement aux théories d'action à distance, des « ponts » d'accès par dessus le fossé — assez large, si l'on se place au point de vue didactique — qui sépare ces anciennes théories des théories d'action de proche en proche. Pour le physicien, habitué à franchir d'un bond ce fossé — qui, à ses yeux, offre à peine la largeur d'une ornière — ces petits défauts sont, aussi bien, noyés dans la foule d'immenses qualités que présente l'ouvrage.

Affranchi de la lourdeur et de la prolixité allemandes, muni à chaque page de notes suggestives, faisant toucher du doigt la partie de l'œuvre de Maxwell-Hertz, qui deviendra caduque à la venue de l'ère électronique, le *Précis* est éminemment propre à rendre vastes, solides et averties les connaissances d'Électromagnétisme de notre jeunesse et, à ce point de vue, nous n'en doutons pas, sera un précieux auxiliaire de notre enseignement. Nous souhaitons, pour notre part, que le public lui réserve le chaleureux accueil qu'il mérite si bien !

H. Janne.

XIV

Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques, de Platon à Copernic, par Pierre Duhem, Membre de l'Institut, Professeur à l'Université de Bordeaux. Tomes IV et V. Deux volumes in-8° de 597 et 596 pages. — Paris, Hermann, 1916, 1917.

Le grand ouvrage de Pierre Duhem devait comprendre, on le sait, douze volumes. La mort est venue frapper inopinément notre cher et regretté collègue de la Société scientifique au moment où s'achevait l'impression du Ve volume. Ce volume sera-t-il le dernier ? Peut-être pouvons-nous espérer que non. La bibliographie des travaux de Duhem, publiée le 1er octobre 1917, dans les Mémoires de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux, permet de croire que le manuscrit des tomes VI et VII est assez achevé pour pouvoir être livré à l'impression ; elle ne nous apprend rien sur les cinq derniers volumes.

C'est, sans doute, par ces temps de « vie chère », une bien grosse entreprise que de continuer, comme nous le souhaitons, l'édition d'un ouvrage d'aussi vaste envergure que *Le Système du Monde* par P. Duhem. Dès 1913, et alors que les circonstances étaient tout autrement favorables que maintenant, le professeur de Bordeaux se rendait parfaitement compte des difficultés que rencontrerait la réalisation de son projet. « L'ampleur du travail, dit-il dans l'*Avant-propos* du premier volume, eût effrayé le très grand désintéressement de nos éditeurs MM. Hermann et fils, si aucune aide ne s'était offerte pour les seconder. Une généreuse subvention de l'Institut de France, une très importante souscription du Ministère de l'Instruction publique ont permis de mettre sous presse les volumes qui rassemblent les résultats de nos recherches. Peut-être ces pages apporteront-elles quelque utile renseignement au chercheur soucieux de connaître ce que les précurseurs de la science moderne ont pensé du monde, des corps qui le composent, des mouvements qui l'agitent, des forces qui l'entraînent. Que le lecteur auquel notre ouvrage aura, de la sorte, rendu quelque service, veuille bien, comme nous-même, garder toute sa reconnaissance pour ceux à qui sont dues cette subvention et cette souscription ; nous avons nommé M. G. Darboux, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences et M. Ch. Bayet, Directeur de l'Enseignement supérieur ; sans leur bienveillance cet écrit n'eût pas vu le jour. » Nous tenions à rappeler ces paroles de Duhem. Les éloges flatteurs que l'initiative de M. Hermann a dès l'abord obtenus en France ne seront pas moindres à l'étranger, maintenant que les circonstances nous permettent de prendre connaissance de l'ouvrage de Duhem. Puissent les éditeurs nous en donner la fin !

Pierre Duhem, quoique auteur d'un si grand nombre de travaux de premier ordre, éprouvait un faible pour son *Système du Monde*. Avait-il conscience, malgré sa modestie, d'être probablement seul, en Europe, capable de peindre un pareil tableau d'ensemble ? Il est permis de le croire. Professeur éminent de mécanique et de physique, doué d'un esprit philosophique très sûr, Duhem avait le mérite rare d'être en outre humaniste. Il lisait les auteurs latins et grecs dans leur langue. L'étude des textes originaux (je m'en tiens aux tomes IV et V du *Système du Monde*, qui sont l'objet de ce compte rendu) l'étude, dis-je, des textes originaux lui ménagea une surprise, dont il convenait : c'était qu'en astronomie, en mécanique et en physique, les scolastiques du moyen âge furent loin d'être toujours les lourds mal-

adroits que nous nous figurons volontiers. Passe encore pour l'astronomie, dira-t-on, on s'en doutait un peu. Eh bien, Duhem prouve solidement qu'il en est de même pour les autres doctrines cosmologiques. Une admiration outrée pour le bel ordre logique des écrits d'Aristote, pour la solide charpente, la puissance de déduction qui les caractérisent, voilà la vraie cause qui empêcha plusieurs maîtres du moyen âge de faire le départ voulu entre les diverses parties de l'œuvre du Stagirite et arrêta longtemps les progrès de la physique. Le fétichisme pour les péripatéticiens fit oublier la nécessité de contrôler leurs théories par l'expérience et l'observation.

Les deux volumes que nous analysons laissent au lecteur une impression d'ensemble : la grande supériorité de l'École de Paris sur ses rivales de l'étranger et l'universalité de l'influence de cette École. Faut-il, en cela, accepter sans réserve l'avis de Duhem ? Je n'oserais l'affirmer. Les trois volumes consacrés jadis par notre collègue à Léonard de Vinci l'avaient déjà conduit à une conclusion analogue et même plus accentuée, mais il faisait alors une exception pour Oxford.

Dans une note adressée, en 1918, à l'Académie des Lincei, *Galileo Galilei e i « Doctores Parisiennes »*, un juge, compétent s'il en fut, ami d'ailleurs et admirateur déclaré de Duhem, M. A. Favaro n'a pas hésité à relever ce que, d'après lui, l'opinion du savant français pouvait avoir d'excessif. Je signale cette critique, très bénigne et très courtoise au surplus, à l'attention du lecteur.

Voici le résumé de la table des matières :

Tome IV. *Seconde Partie. L'Astronomie latine au Moyen Age (suite).* Ch. VIII. L'astronomie Parisienne : 1° Les astronomes. — Ch. IX. L'astronomie Parisienne : 2° Les phycisiens. — Ch. X : L'astronomie italienne.

Troisième partie. La crue de l'Aristotélisme. — Ch. I. Les sources du néo-platonisme arabe. — Ch. II. Le néo-platonisme arabe. — Ch. III. La théologie musulmane et Averroès.

Tome V. *La crue de l'Aristotélisme* (suite). — Ch. IV. Avicébron. — Ch. V. Scot Erigène et Avicébron. — Ch. VI. La Kabbale. — Ch. VII. Moïse Maïmonide et ses disciples. — Ch. VIII. Les premières infiltrations de l'Aristotélisme dans la scolastique latine. — Ch. IX. Guillaume d'Auvergne, Alexandre de Halès et Robert Grosse-Teste. — Ch. X. Les questions de maître Roger Bacon. — Ch. XI. Albert le Grand. — Ch. XII. Saint Thomas d'Aquin. — Ch. XIII. Siger de Brabant.

Malgré la guerre, l'exécution typographique des tomes IV et V est parfaite, aussi achevée que celle des trois premiers volumes.

H. Bosmans, S. J.

XV

An Enquiry concerning the principles of natural Knowledge, par A. N. Whitehead, Sc. D., F.-R. S. Un vol. in-8° de XII-200 pages, avec figures. — London, Cambridge University Press, 1919.

Nous ne promettons pas au lecteur français de parcourir avec aisance cet ouvrage, dur à lire et à comprendre, plus dur encore peut-être à analyser. La pensée ne suit pas toujours la ligne droite ; elle se laisse souvent dévier par quelque réflexion parasite, d'autant plus troublante pour le cours général de la pensée qu'elle présente plus d'intérêt.

Voici les questions fondamentales auxquelles l'auteur s'arrête et s'efforce de répondre.

Quelles sont dans le domaine scientifique les données ultimes de la science ? A quels éléments derniers faut-il s'arrêter avant de pouvoir affirmer qu'un fait est expliqué ? Dans le domaine mathématique : comment l'espace mathématique est-il dérivé de l'expérience ? Il s'agit ici évidemment, la question le montre, non de la géométrie, science abstraite, celle qui est « construite » sur des axiomes abstraits purement intellectuels et n'a plus de géométrique que la terminologie qu'elle conserve ; mais de cette géométrie qui est une science physique. Cette question touche à cette autre, si chaudement controversée aujourd'hui : celle de la relativité, théorie qui a remis à l'étude les relations intrinsèques de l'espace et du temps. L'auteur a cherché une base physique à ces conceptions modernes. Il pense en effet que les concepts d'espace et de temps doivent être le produit immédiat des premières généralisations de l'expérience. Il ne faut pas qu'on soit obligé pour les trouver de les cueillir au bas d'une cascade d'équations différentielles. Cela ne veut pas dire que M. Whitehead rejette la théorie d'Einstein, loin de là. La divergence n'existe que dans l'interprétation.

L'auteur ne se dissimule pas et ne dissimule pas le caractère incomplet de ses recherches et de ses réflexions. Il a intitulé son ouvrage une « enquête ». Et pour cause. Il soulève plus de problèmes qu'il n'en résout.

Mais le lecteur qui fera l'effort de pensée voulu pour le suivre et pour comprendre un à un les petits paragraphes numérotés qui se succèdent d'un bout à l'autre du livre aura la satisfaction de voir se poser et s'éclaircir, sinon se résoudre, quelques-unes des questions les plus fondamentales de la connaissance scientifique.

F. W.

XVI

La matérialisation de l'énergie, par Louis Rougier. Essai sur la théorie de la relativité et sur la théorie des quanta. Un vol. de XII-148 pages (12 × 18). — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

L'auteur de cet intéressant petit livre voit dans les récentes théories physiques de la relativité et des quanta une réponse au problème de l'interaction de la matière et de l'énergie.

Si la matière seule est douée de masse, de poids et de figure, et si l'énergie ne possède ni inertie, ni pesanteur, ni structure, comment la matière rayonne-t-elle de l'énergie ; comment surtout l'énergie rayonnée réagit-elle mécaniquement sur la matière ; comment existe, par exemple, la pression de la lumière ?

Ainsi posé, le problème serait insoluble. Pour le résoudre, il n'est d'autre moyen que de reviser, pour les rapprocher l'un de l'autre, les concepts inconciliables définis d'abord.

Nier la force, nier la matière : ces deux réponses présentées tour à tour doivent être écartées dans leurs formes successives.

Faut-il, avec Ostwald et d'autres, renoncer à connaître la nature des corps et des forces, se borner à chercher l'expression mathématique de plus en plus compréhensive et précise des énergies diverses et de leurs relations d'échange, seule réalité accessible des phénomènes ?

D'après l'auteur, l'expérimentation critique permet de dépasser le stade où s'arrête l'énergétique agnostique. L'expérimentation dément l'irréductible opposition des concepts de matière et d'énergie, en démontrant que celle-ci est douée de masse, de poids et de structure (Chap. I).

Il est des formes d'énergie extérieures aux corps. Les expériences électromagnétiques les découvrirent. L'inertie électromagnétique est un fait ; contrairement au principe classique, la masse n'est donc pas invariable dans le mouvement (Chap. II et III). L'énergie potentielle d'un électron en équilibre est la mesure même de sa masse, si l'on choisit pour unité la vitesse

de la lumière. Lorentz, généralisant cette proposition, affirme que toute masse est énergie : l'énergie est inerte. Elle est inerte, même sous la forme du rayonnement. Le principe de la conservation de la masse se résorbe en celui de la conservation de l'énergie dans un système isolé ; car la masse des corps augmente avec la température, diminue avec la vitesse, change dans les réactions chimiques, varie par émission ou par absorption du rayonnement (Chap. IV et V).

L'énergie sous toutes ses formes étant inerte, doit pareillement être pesante. Car, suivant la vérification expérimentale d'Eotvös, toute masse a du poids en proportion de son inertie : un rayon lumineux, par exemple, doit peser quelque chose, être attiré et dévié par le soleil (Chap. VI). S'il avait écrit après l'éclipse du 29 mai dernier, l'auteur eût pu apporter ici la confirmation fournie apparemment par l'observation photographique des rayons stellaires voisins du soleil.

L'énergie a une structure, non seulement quand elle se concentre dans les électrons, mais aussi dans le rayonnement. La théorie de la continuité des radiations ne rend pas compte des conditions d'équilibre thermique entre un corps noir et le vide. Il y faut l'hypothèse des quanta. L'énergie rayonnante admettrait nécessairement un minimum : le quantum ; jamais elle ne s'échangerait que par quanta ou par multiples de quanta. De plus quelques phénomènes, entre autres l'émission d'électrons par les métaux exposés à la lumière, l'ionisation des gaz par les rayons ultra-violets, font supposer qu'un électron vibrant dans la matière ne rayonne pas uniformément suivant des surfaces d'ondes fermées et continues, mais seulement par une sorte de projection discontinue d'atomes d'énergie dans quelques directions privilégiées (Chap. VII).

L'attribution à l'énergie, par la physique nouvelle, des trois caractéristiques de la matière, masse, poids et structure, constituerait la matérialisation de l'énergie et dissiperait le mystère d'une interaction jadis inexplicable (Chap. VIII).

Le point de vue auquel l'auteur se place dans l'étude des théories modernes, lui permet d'en retracer avec une certaine unité les progrès sinueux. De l'ensemble de la mécanique et de la physique nouvelles, son livre est un exposé instructif, à portée du lecteur médiocrement familiarisé avec les mathématiques. L'assurance de certaines affirmations énoncées sur la foi de quelques résultats expérimentaux est parfois excessive. Malgré la rigueur désormais incontestable des mesures classiques de

Michelson et de Morley, tout dernièrement encore M. Auguste Righi n'en restreignit-il pas la portée théorique ? (1) L'observation du spectre solaire n'offre pas, de manière évidente, la confirmation des idées d'Einstein sur la gravitation ; d'ailleurs l'assimilation des vibrations intra-atomiques avec le mouvement d'une horloge élémentaire conduirait-elle à des conclusions fermes, tant qu'on ne peut préciser la marche de semblable instrument physique dans les circonstances supposées en théorie de relativité ?

Trop confiant dans l'expérience, l'auteur se défie de la métaphysique. Il lui arrive d'en dire du mal, méconnaissant qu'elle domine et conditionne nécessairement l'interprétation de l'expérience et lui donne seule une pleine signification.

H. D.

XVII

Stereochemistry *(Textbooks of Physical Chemistry,* edited by Sir William Ramsay), par Alfred W. Steward, D. Sc., Professor of Chemistry in the Queen's University of Belfast. Second edition. Un vol. in-8° (22 × 14) de xvi-277 pages et 2 planches, avec 58 figures. — London, Longmans, Green, 1919.

La *Stéréochimie* a pour objet l'étude des phénomènes physiques et chimiques attribués aux positions relatives qu'occupent dans l'espace à trois dimensions les atomes constituant les molécules. La *configuration* est représentée par la formule dans l'espace, alors que la *constitution* l'est par la formule de structure, moins précise.

C'est l'illustre Pasteur (1821-1895) qui découvrit la stéréochimie, à l'occasion des recherches qu'il entreprit, en 1861, sur les acides tartriques. Mais l'idée première, assez vague, fut lente à se développer. Les débuts de la théorie moderne remontent à 1874, date à laquelle van 't Hoff et Le Bel publièrent, indépendamment l'un de l'autre, d'importants mémoires sur la question. En 1885, Baeyer étendit l'hypothèse fondamentale, de manière à l'appliquer aux composés cycliques. Dans ces derniers temps, des progrès gigantesques ont été réalisés et la littérature du sujet comporte plus d'un millier de travaux.

L'ouvrage dont nous avons transcrit le titre appartient à la

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 1er mars 1920, pp. 495-501.

Collection de monographies sur la physico-chimie publiées sous la direction si éclairée de l'illustre Sir W. Ramsay et dont il existe actuellement une dizaine de tomes, tous très bien conçus.

Personne n'était mieux préparé que M. Stewart à rédiger un volume sur la stéréochimie ; en effet, ce savant, qui s'est acquis une solide réputation par de nombreux travaux de valeur, a publié sur la question des mémoires remarquables.

La première édition parut en 1907 et fut très bien accueillie. Celle-ci donne encore un exposé concis et clair de l'état actuel du sujet, mais elle ressemble moins à une bibliographie que l'autre. Elle est toutefois aussi destinée à servir de guide à travers la littérature si abondante de la stéréochimie. On a fait de nombreux remaniements pour tenir compte des travaux postérieurs à 1907 et quatre nouveaux chapitres ont été introduits. Par contre, on a considérablement réduit, et bien avec raison, l'espace consacré aux obstacles stériques ; ce qui fait que, malgré les additions, le volume est beaucoup moins épais que celui de 1907.

Parcourons rapidement l'ouvrage.

On débute par une petite bibliographie chronologique (1860-1917), qui n'est pas donnée pour complète et ne comporte que quarante-cinq écrits (des volumes pour la plupart), de trente-cinq auteurs ; il y a une douzaine de travaux en anglais, six en français et tous les autres en allemand.

Une courte introduction, constituant comme une première leçon, explique d'une manière simple l'objet de la stéréochimie.

Le volume comprend deux sections. La première (pp. 6-170) est relative à l'isomérie stéréochimique des composés carbonés. Elle se subdivise en trois parties : cas de l'activité optique (pp. 6-101), cas de l'inactivité optique (isomérie géométrique) (pp. 102-154), étude des sels complexes (pp. 155-170).

Le chapitre I (pp. 6-13) est relatif à l'activité optique dans les composés contenant des atomes de carbone asymétriques. On s'occupe alors (pp. 14-37) des composés inactifs : d'abord des mélanges équimoléculaires d'antipodes et des composés racémiques, dont on étudie la production, la nature, les conditions de stabilité et diverses propriétés, puis des composés inactifs par compensation interne. Il y a, en note, une cinquantaine de références bibliographiques. Le chapitre III (pp. 38-49) traite des composés actifs (leur nature, transmutation, racémisation partielle) et contient environ quatre-vingts références. La

recherche de la configuration fait l'objet du chapitre IV, où l'on considère les pentoses, hexoses, heptoses. Il s'agit ensuite (pp. 59-62) des composés cycliques contenant des carbones asymétriques dans l'anneau.

L'un des plus intéressants phénomènes de la stéréochimie est celui que Walden découvrit en 1893. En traitant de l'acide aspartique gauche par du chlorure de nitrosyle, il obtint de l'acide chlorosuccinique *gauche*. Mais en remplaçant le chlorure de nitrosyle par de l'oxyde d'azote et en faisant agir alors le pentachlorure de phosphore, il constata que l'acide chlorosuccinique formé est la variété *droite*. Fischer (1911), Werner (1911), Bijlmann (1912), Gadamar (1912) ont tenté d'expliquer le mécanisme de l'*inversion Walden* par la formation de produits d'addition. La seconde édition contient un chapitre étudiant ce phénomène (pp. 62-69) et donne une trentaine de références.

Le chapitre VII (pp. 70-76) traite de quelques cas spéciaux d'asymétrie (dicétopipérazines bisubstituées, inosites, etc.). La relation entre le pouvoir rotatoire optique et la situation des molécules asymétriques est un problème difficile. Malgré le grand nombre des travaux y consacrés (on en a cité plus de cent), la question est peu avancée. L'auteur signale quelques-uns des essais de traiter le pouvoir rotatoire optique comme une propriété additive (Guye, Crum Brown en 1890 et Sikorsky en 1908). Le chapitre IX (pp. 86-93), avec 80 références, s'occupe des influences de certains facteurs (concentration, température, dissociation électrolytique, solvent, dispersion) sur les pouvoirs rotatoires, et de leur variation dans le temps (cas des sucres, des lactones, du tartrate d'éthyle, etc.).

Pour terminer la première partie, on envisage les composés actifs contenant d'autres atomes asymétriques que le carbone, et notamment l'azote, le phosphore, le soufre, le sélénium, l'étain, le silicium. On donne 70 indications bibliographiques.

La seconde partie (cas de l'inactivité optique) débute par l'étude (pp. 102-108) de l'isomérie *cis-trans* des substances cycliques. La réactivité des composés *cis* est en général beaucoup plus grande que celle des autres ; par exemple, l'acide hexahydrophtalique *cis* donne un anhydride, alors que l'autre variété n'en donne pas. On étudie diverses propriétés, notamment la transmutation d'une variété dans l'autre. Il y a encore beaucoup de recherches à faire dans cette voie !

L'isomérie géométrique dans la série de l'éthylène fait l'objet du chapitre XII (pp. 109-126), qui donne près de 100 références.

Les trois premiers noms à citer sont ceux de van 't Hoff (1881), Le Bel (1882) et Wislicenus (1887). La configuration se détermine en partant des relations des composés étudiés avec les composés cycliques ou avec les dérivés acétyléniques, ou encore avec les composés de l'éthane. On expose succinctement les propriétés chimiques et physiques (point de fusion, volume moléculaire, chaleur de dissolution, viscosité, réfractivité, rotation magnétique). Le paragraphe sur la transmutation paraît un peu négligé ; on y donne néanmoins les théories de Wislicenus (1887), de Liebermann (1890), de Werner (1891), de Stewart (1905).

Le cas des composés carbonitrés (aldoximes, cétoximes) est étudié ensuite assez longuement (pp. 127-145). Il y a une centaine de références. On expose la théorie de Hantzsch et de Werner (1890), qui a pour objet la prévision du phénomène, mais n'est pas tout à fait satisfaisante ; puis la recherche de la configuration, la préparation, les propriétés. Au chapitre XIV, on s'occupe de diverses questions relatives à la stéréoïsomérie des composés nitrés (diazoïques) et l'on étudie leur transformation en nitrosamines.

Les deux chapitres suivants, qui forment la troisième et dernière partie (pp. 155-170) de la première section, traitent des isoméries dans les composés du cobalt (Werner) et analogues, notamment dans le platine, qu'ils soient optiquement inactifs (1907), ou actifs (1911).

La seconde section (pp. 171-233) est consacrée à des problèmes stéréochimiques dans lesquels l'isomérie n'intervient pas.

Le chapitre XVII (pp. 171-183) donne des relations entre l'arrangement spatial des atomes et certaines propriétés chimiques (telle que l'aptitude à former des anneaux).

Les obstacles stériques, découverts en 1872 par Hofmann et étudiés en 1881 par Bischoff, font l'objet des pages suivantes (pp. 184-202). La littérature y relative est très abondante et l'on a bien fait de reporter à un appendice (C) la plupart des indications bibliographiques (environ 350) ; elles concernent l'*estérification*, l'hydrolyse, la formation de chaînes, de changements intramoléculaires, des réactions d'addition, de substitution, de décomposition, effectuées sur des substances de fonctions chimiques très diverses.

On examine alors les effets de la substitution sur la formation et la stabilité des composés cycliques. La configuration des composés carbonés optiquement inactifs fait l'objet du chapitre XX

(pp. 207-215). Ensuite (pp. 216-226) on étudie les formules spatiales du benzène, en s'aidant de figures très intuitives. Enfin un chapitre, qui n'existait pas dans la première édition, est consacré à l'arrangement des atomes dans les cristaux ; cette question offre de l'intérêt, notamment à l'occasion d'une critique formulée par Wilh. Ostwald, dans un compte rendu de la première édition, à l'adresse de ceux qui croient à la réalité des atomes. On dit aussi quelques mots de la diffraction des rayons X dans les cristaux.

Mais l'une des parties les plus attachantes de l'ouvrage, parce qu'elle fera promouvoir la stéréochimie, est celle intitulée *Conclusion* (pp. 234-242). L'auteur y indique un certain nombre de points à traiter. Les conquérants de la Science trouveront là matière à exercer leur ardeur et peut-être des étudiants d'élite pourront-ils prendre certaines de ces questions comme sujets de thèses de doctorat. Il n'est pas sans intérêt de signaler que dans la première édition, l'auteur avait fait, quant à l'avenir de la stéréochimie, des prédictions dont un certain nombre se sont réalisées ; par exemple, la découverte de composés optiquement actifs sans carbone et l'activité d'oxydes d'aniline. Aucun essai n'a encore été fait en vue de comparer le pouvoir rotatoire dans des composés analogues de carbone, de soufre, de sélénium et d'étain ; ni de faire intervenir les idées stéréochimiques dans la conception physique moderne sur l'atome. Il y a diverses questions sur l'inversion Walden, sur ce que l'auteur appelle l'*affinité résiduelle*, sur l'acide malique crassulique, sur l'opposition stérique, sur l'hypothèse dynamique de Bischoff, sur les cristaux liquides et sur le dimorphisme. On donne aussi, avec une quarantaine de références, une liste de cas d'isomérie restés sans explication.

L'arrangement des atomes a une influence sur la fonction des médicaments. Dans l'Appendice A (pp. 243-256) on a réuni les principales relations entre la stéréochimie et la physiologie. Dans d'autres ouvrages, ces données sont disséminées à tort dans la plupart des chapitres. L'auteur considère des hexoses et des glucosides, des pentoses, des amines, des combinaisons organiques du phosphore, de l'arsenic, de l'antimoine, du cadmium, du zinc.

L'Appendice B (pp. 257-260) expose la manière de construire des modèles stéréochimiques. Ne serait-ce pas superflu ? Serait-il donc possible que ceux qui abordent l'étude de cette branche ne fussent pas tous familiers avec les notions enfantines de la géométrie la plus élémentaire ?

L'Appendice C est, on l'a dit, un complément bibliographique.

Une table analytique très soignée (pp. 265-272) comprend environ 900 objets. Elle est suivie d'un Index de 530 noms d'auteurs, où l'on voit que les plus fréquemment cités dans l'ouvrage sont ceux de Baly, Bischoff, Fischer, Hantzsch, van 't Hoff, Jörgensen, Le Bel, V. Meyer, W. H. Perkin, Pope, Stewart, Walden, A. Werner, Wislicenus.

En résumé, le volume rend compte admirablement des multiples directions dans lesquelles la stéréochimie s'est développée au XX siècle, et il mérite de se trouver dans la bibliothèque de tous les chimistes.

M. Lecat.

XVIII

La Cémentation de l'acier, par F. Giolitti, professeur de métallurgie au politecnico de Turin. Traduction française de A. Portevin. Un vol. in-8° de 548 pages. — Paris, Hermann, 1914.

La cémentation de l'acier est un des procédés métallurgiques qui laissent encore une grande part à l'empirisme ; il était donc utile de montrer qu'il y a des bases scientifiques pour la carburation de l'acier à l'état solide.

Dans une partie historique très développée, l'auteur analyse la plupart des recherches scientifiques sur la cémentation et il résume les faits les plus importants dans son chapitre sur l'état actuel de nos connaissances sur la cémentation.

Le carbone seul à l'état solide, chauffé au contact du fer, peut le carburer ; mais cette carburation est toujours insuffisante et ne présente aucun intérêt au point de vue technique.

Quelle est donc la part qui revient dans les procédés ordinaires de cémentation au carbone et quelle est la part qui revient aux gaz ?

Parmi les gaz qui peuvent intervenir dans la cémentation, effectuée suivant les procédés techniques, on peut considérer d'abord l'azote libre, toujours présent dans les boîtes de cémentation ; les expériences les plus dignes d'être prises en considération semblent montrer que l'azote n'augmente que dans une très faible mesure l'action carburante du carbone libre.

Les cyanures, qui, solides ou fondus, exercent une action carburante intense sur le fer à température élevée, ne produisent à l'état de vapeur qu'un effet négligeable.

Pour les hydrocarbures, il est délicat de faire la part exacte qui revient, dans la carburation, au carbone déposé à la surface du métal par la décomposition de l'hydrocarbure, et la part qui revient à l'hydrocarbure non décomposé qui pénètre en profondeur dans le métal, par diffusion.

Il est certain cependant que, dans ce cas, il s'exerce une action spécifique du gaz ; la profondeur atteinte par la carburation en un temps donné, c'est-à-dire la vitesse de cémentation, ainsi que la concentration en carbone dans les zones cémentées, augmentent notablement avec la pression à laquelle on soumet l'hydrocarbure.

Un autre gaz carburant très efficace est l'oxyde de carbone ; la réaction de carburation est ici bien connue :

$$2\,CO \rightleftarrows CO_2 + C$$

C'est une réaction parfaitement réversible aux températures de cémentation et l'équilibre s'établit le plus rapidement dans les conditions de la cémentation, puisque le fer est un catalyseur très efficace de cette réaction.

L'auteur signale ensuite les résultats des recherches les plus précises sur la variation de la vitesse de cémentation en fonction de la température et de la nature du cément ; il étudie la distribution du carbone dans les zones cémentées et les effets produits sur la marche de la cémentation par des substances étrangères, alliées à l'acier.

Toutes ces indications sont accompagnées de figures, de graphiques et surtout d'intéressantes microphotographies qui illustrent le texte.

La seconde partie traite des applications industrielles; l'auteur expose, avec une grande profusion de détails, les procédés de cémentation par les céments solides, liquides, gazeux, et les méthodes de contrôle de la cémentation, contrôle de la température, contrôle de la carburation et contrôle des produits cémentés.

P. Bruylants.

XIX

Notions fondamentales de chimie organique, par Charles Moureu, Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France, sixième édition. Un volume in-8° de viii-552 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

La meilleure preuve de la grande valeur de cet ouvrage nous est donnée par les six éditions qui en peu d'années se

sont succédé. Ce succès d'estime et cet accueil si favorable ne doivent pas nous étonner. M. Moureu, en effet, s'est attaché à introduire dans son livre, par des additions appropriées, les principales acquisitions de la science, au fur et à mesure de leur mise au jour. Et à ce point de vue, le chapitre « Préliminaires et généralités » mérite une mention tout à fait spéciale. C'est un résumé à la fois clair et précis des principales théories actuellement admises dans le domaine de la chimie. Quoique exposées principalement en vue de la chimie organique, ces pages ne laisseront pas que de présenter un grand intérêt, même pour ceux qui veulent s'initier aux théories actuellement admises en chimie générale.

Après avoir expliqué ce que c'est qu'un composé organique, l'auteur donne les notions fondamentales de la théorie atomique : atomes, molécules, détermination des poids moléculaires tant à l'état gazeux qu'à l'état de solution, établissement des poids atomiques et des formules moléculaires.

Cependant le fait dûment constaté de l'isomérie ne permet pas de se contenter des formules moléculaires. Pour que deux molécules représentées par la même formule moléculaire soient différentes, l'auteur admet que deux conditions sont nécessaires : tout d'abord les atomes, dans la molécule, doivent occuper des positions fixes, ou tout au plus, s'ils sont en mouvement, ils doivent être astreints à osciller autour d'une position moyenne, ce qui permet, pratiquement, de les considérer comme au repos. En second lieu, il va de soi que, étant donnés deux corps isomériques, les mêmes atomes n'occupent pas des positions identiques dans les deux molécules. De là, la notion de la structure chimique qui suppose la théorie de la valence. Toute cette théorie est longuement développée et conduit l'auteur à dire un mot de la structure générale des composés organiques, des fonctions chimiques et de la nomenclature des composés organiques.

La théorie ordinaire de la valence n'est pas en état d'expliquer tous les cas d'isomérie ; aussi est-elle suivie d'un article sur la stéréochimie qui constitue presque un traité complet sur la question.

Fort intéressant aussi, en même temps qu'instructif, est l'article où l'auteur montre pour un certain nombre de propriétés physiques des substances, comment elles sont en relation intime avec la structure de la molécule ; mais ce qui, dans tout ce chapitre, mérite peut-être le plus l'attention du lecteur, c'est l'étude

élémentaire sur le mécanisme des réactions chimiques. Toute une série de considérations y sont développées relativement à la vitesse des réactions et à l'équilibre chimique. Signalons encore les questions des réactions intermédiaires, des formes chimiques actives, de l'affinité chimique et des influences sur celle-ci des agents énergétiques et des catalyseurs. Tout cela encore une fois, quoique donné au point de vue de la chimie organique, est de nature à fournir des renseignements très utiles à celui qui voudrait étudier le mécanisme des réactions chimiques en général.

Le reste de l'ouvrage est une étude sommaire et très générale des fonctions organiques les plus importantes ; toutes les questions de détail ou d'intérêt secondaire ont été volontairement laissées à l'écart, ce qui ne contribuera pas peu à ouvrir l'esprit du lecteur en l'initiant graduellement au mécanisme des transformations de la matière, et en lui présentant les grandes lignes de la science avec le relief qui leur convient.

A la suite des chapitres consacrés à l'étude des fonctions, on a exposé une vue d'ensemble des « Matières colorantes », dont il est superflu de souligner le grand intérêt théorique et pratique.

Les renseignements historiques (noms d'auteurs, dates, courts aperçus) abondent dans cette édition. Elle se termine par une table alphabétique très complète des matières, ce qui permet de retrouver avec la plus grande facilité les renseignements qu'on veut chercher.

J. Pauwels, S. J.

XX

L'équilibre des substances hétérogènes. Exposé abrégé par Willard Gibbs, traduit et complété de notes explicatives par G. Matisse. Un vol. in-16 double-couronne de VIII-102 pages, avec 11 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Dans sa traduction du grand ouvrage de Gibbs, *Équilibre des systèmes hétérogènes (Phénomènes chimiques)*, M. Henry Le Chatelier fait ressortir toute l'influence qu'ont eue, sur le développement des théories chimiques, les travaux du savant Américain. Non seulement la célèbre loi des phases, connue ordinairement sous le nom de loi de Gibbs, s'y trouve énoncée, mais on y trouve aussi, sinon formulées explicitement, du moins contenues

dans leurs principes bien d'autres lois de la physico-chimie telles que la loi de la stabilité de l'équilibre chimique, la loi de l'équilibre des systèmes monovariants, la formule des mélanges gazeux, la loi des solutions diluées, et bien d'autres. On comprend donc l'importance qu'il y a pour le chimiste à connaître le plus largement possible les idées et les œuvres d'un homme tel que Gibbs.

Malheureusement, le grand mémoire dont M. Le Chatelier avait donné la traduction, est presque inaccessible au grand nombre des lecteurs, surtout à cause des développements mathématiques qu'il renferme. Par bonheur Willard Gibbs lui-même a écrit une sorte d'abrégé de sa doctrine où, en quelques pages, il dégage les propriétés essentielles et les formules fondamentales de son grand ouvrage.

C'est de ce « Court Traité » que M. Matisse nous donne la traduction. Il l'a complété de quelques notes explicatives, les unes entièrement conçues et rédigées par le traducteur, les autres entièrement empruntées au grand ouvrage de Gibbs, les troisièmes enfin inspirées par le texte du grand traité, mais adaptées et simplifiées par le traducteur. Dans ces notes, le lecteur trouvera une démonstration simple et courte de certaines propositions ou formules que Gibbs s'est contenté d'énoncer ou d'écrire dans son Abrégé.

Les lecteurs non pourvus de connaissances mathématiques suffisamment étendues pour pouvoir consulter avec fruit le grand traité de Gibbs, seront reconnaissants à M. Matisse de cet ouvrage qui leur permet de s'initier aux idées fondamentales du grand savant Américain.

F. S.

XXI

La Théorie atomique, par Sir J. J. Thomson, membre de la Société royale de Londres, professeur de physique expérimentale à l'Université de Cambridge. Traduit de l'anglais par M. Charles Mourey, membre de l'Institut, professeur au Collège de France. Nouveau tirage. Un volume in-6° de VIII-58 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Les noms de l'auteur et du traducteur sont déjà une garantie de la haute valeur scientifique de l'opuscule. C'est, en effet, une traduction de la magistrale étude que Sir J.-J. Thomson fit paraître en 1914. Ce n'est pas un simple exposé de la théorie

atomique telle qu'elle est généralement donnée dans les traités de chimie, mais une étude approfondie sur la nature et la structure intime de l'atome ; et c'est à bon droit que le traducteur, dans sa note-préface, peut nous dire que « Sir J.-J. Thomson y résume nos connaissances essentielles et nos vues actuelles sur la constitution de la matière, et plus spécialement sur la structure des atomes ». L'éminent savant le fait d'ailleurs avec une compétence toute particulière, puisque ce sont ses travaux et ses brillantes recherches qui n'ont pas peu contribué à nous faire entrer plus avant dans ces connaissances.

Après avoir résumé brièvement l'histoire et le développement de la théorie atomique, l'auteur nous montre comment on est arrivé à la considération de l'électron identique dans tous les atomes. Comme il n'y a qu'un seul électron dans l'atome d'hydrogène, il s'ensuivrait que cet atome est le plus simple possible, ce qui nous ramène à l'hypothèse de Proust. A cette structure de l'atome se rattache intimement la question de la transmutation des éléments. « Les atomes des éléments radioactifs se brisent spontanément, en donnant naissance à des atomes d'une autre espèce... Personne, cependant, n'a encore été capable, par quelque traitement physique que ce soit, de modifier la vitesse de ces transformations. » L'auteur lui-même a fait plusieurs essais, tous infructueux. « Par la mise en œuvre de ces moyens, j'ai réussi, dit-il, à désintégrer les atomes jusqu'au point d'en faire sortir quelques-uns des électrons qu'ils contenaient : de l'atome de mercure, par exemple, j'ai réussi à détacher huit électrons, et de l'hydrogène un électron, le seul qu'il possède. Il ne m'a cependant jamais été possible d'obtenir une preuve, concluante à mes yeux, que l'atome d'un élément pourrait, par de tels moyens, être converti en un atome d'une espèce différente, en d'autres termes, que ces moyens nous permettraient de réaliser la transmutation des éléments. »

Terminons par ces mots du traducteur : « Déjà le fléau de la Grande Guerre était déchaîné sur le monde. J'exprimai à l'illustre professeur de Cambridge le désir de traduire son remarquable exposé, et, après entente avec l'éditeur Gauthier-Villars, de verser les bénéfices éventuels de la publication à la Croix-Rouge anglaise. Ce double vœu ne fut qu'en partie satisfait. Sir J.-J. Thomson s'empressa de donner son consentement, mais sous la condition que les bénéfices iraient à la Croix-Rouge française.

» La victoire venue, chaque partenaire s'est retrouvé sur ses

positions, mais non sans avoir aperçu un terrain d'entente ; c'est à la Croix-Rouge belge que nous offrirons les modestes profits de l'opération. Ils seront minimes, certes, en face de la dette immense : mais nos héroïques alliés voudront bien y voir surtout une manifestation nouvelle, entre mille, des sentiments d'éternelle reconnaissance contractée par les peuples civilisés envers cette terre sainte de l'honneur et du sacrifice qu'est la Belgique martyre ».

F. S.

XXII

La Chimie raisonnée, par M. Lemarchands, Chef des travaux pratiques à la Faculté des Sciences de Lyon (Bibliothèque de l'élève ingénieur). Un vol. in-8° de 174 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1914.

Le but que s'est proposé l'auteur, en écrivant ce volume, est certes digne de louange. Il veut en effet, comme il le dit dans son avant-propos, venir en aide à tous ceux qui débutent dans l'étude de la chimie, leur montrer que même la chimie minérale, qui, s'il faut l'en croire, « a une fort mauvaise réputation parmi les étudiants qui s'adonnent aux études mathématiques », est autre chose « qu'une quantité énorme de préparations et de propriétés à retenir et qu'aucun lien ne vient relier, autre chose qu'un sombre chaos qu'aucun raisonnement ne vient éclairer » ; bref, son but est de montrer que la chimie n'est pas une science de mémoire.

Le meilleur, le seul moyen efficace pour arriver à ce but, semblerait être de donner d'une façon claire et méthodique l'exposé des principes, des lois, des théories de la chimie générale.

M. Lemarchands suit un tout autre procédé. Les lois fondamentales de la chimie (lois de Lavoisier, de Proust, de Dalton, de Richter, de Gay-Lussac) sont passées sous silence ; l'auteur, qui s'adresse cependant à des débutants, les suppose connues (1). C'est en vain aussi qu'on cherche dans l'ouvrage un exposé de la théorie atomique-moléculaire ; les notions si importantes en

(1) Parfois même, l'auteur semble considérer ces lois et ces théories comme ne faisant pas partie du domaine de la chimie ; parlant en effet (p. 138) de la recherche des coefficients d'une équation chimique, recherche basée sur la loi de Lavoisier et la conservation des atomes dans les réactions, il dit que cette méthode *n'a rien* de chimique.

chimie, d'atomes, de molécules, de poids atomiques et moléculaires ne sont définies ou expliquées nulle part, rien non plus de la loi des phases, de la loi de l'équilibre chimique ; seule la théorie des ions est donnée au commencement de la troisième partie (1).

L'auteur commence par diviser les corps simples en métaux et métalloïdes, puis en oxydants et réducteurs, et, de l'opposition entre les propriétés des métaux et des métalloïdes d'une part, des oxydants et réducteurs d'autre part, il veut, en s'appuyant sur la règle d'Armand Gautier et sur les lois, un peu démodées, de Berthollet déduire la préparation pratique de la plupart des substances minérales (2).

Dans son Introduction l'auteur nous dit : « Ce livre s'éloigne donc tout à fait des livres classiques de chimie ». Cela est très vrai ; mais après la lecture de ce livre n'aura-t-on pas encore un peu l'impression que la chimie n'est qu'une quantité énorme de préparations et de propriétés à retenir, ou que la chimie n'est qu'une science de mémoire? C'est ce que nous craignons.

J. P.

XXIII

Introduction a la Chimie générale. Lois fondamentales de l'atomisme et de l'affinité, exposées à des chimistes débutants, par H. Copaux, Professeur de Chimie minérale à l'École de Physique et de Chimie industrielle de la ville de Paris. Un vol. in-12 de vi-212 pages, avec 21 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1919.

Exposer d'une façon claire les premiers principes de la Chimie à des débutants n'est pas facile. En effet, pour bien comprendre les lois et les théories de la Chimie, il faut déjà avoir une idée du mécanisme des réactions. Aussi, dans la plupart des traités classiques, l'ordre suivi est celui de l'enseignement oral, et les lois, les théories, les principes se trouvent éparpillés un peu à travers tout le volume, car ils sont donnés au fur et à mesure

(1) Cet exposé élémentaire que l'auteur nous donne de la théorie des ions n'est pas sans mérites; malheureusement l'application qu'il en fait aux phénomènes d'hydrolyse est loin d'être aussi satisfaisante, l'auteur y emploie le mot d'ion plutôt que la théorie.

(2) Ce n'est pas sans un certain étonnement qu'on lit pp. 22 et 23 : *Les sels sont des corps chimiquement inactifs. Un sel ne possède* **aucune** *activité chimique.*

que les propriétés ou les réactions des corps qu'on étudie en sont des applications. Mais cette méthode, tout en présentant certains avantages pratiques, n'est pas sans avoir de sérieux inconvénients : il n'est pas toujours facile, en effet, avec ce procédé, de se faire une idée d'ensemble de la théorie, ou même de s'y retrouver, lorsque plus tard on veut éclaircir quelque doute. Et cela montre suffisamment toute l'utilité que présente un livre comme cette *Introduction à la Chimie générale,* qui expose avec clarté et méthode les premiers principes de la Chimie. Cette introduction est écrite pour les chimistes débutants ; mais cependant l'auteur n'a pas cru pouvoir s'autoriser à passer sous silence les théories les plus modernes, ni même les points qui pourraient présenter quelque difficulté.

L'ouvrage est divisé en deux parties : la première, qui comprend les cinq premiers chapitres, traite des lois fondamentales de l'atomisme ; la seconde, qui comprend le chapitre sixième, traite de l'affinité chimique.

L'auteur commence par donner la notion de l'élément chimique et la loi de la conservation de la masse. Comme cette loi est à la base de toute la théorie atomique, l'auteur en examine le degré d'exactitude : « La perte de poids qu'on trouve, est appréciable pour un expérimentateur habile et patient, mais il a été reconnu qu'elle tient simplement aux variations de l'état hygrométrique du verre. Sous l'effet du léger échauffement, produit par la réaction, le verre dégage une petite partie de l'humidité, condensée à sa surface et ne la redissout ensuite qu'avec beaucoup de lenteur; et si l'on évalue séparément cette cause d'erreur par des expériences à blanc, on trouve qu'elle est justement de l'ordre des différences constatées (expériences de Landolt). Ainsi donc, l'exactitude de la loi de conservation de la masse, étant supérieure à l'approximation de nos procédés de mesure, le bon sens nous fait apparemment un devoir de l'admettre comme rigoureuse ».

Et cependant l'auteur rejette l'exactitude absolue de cette loi. Il admet, en effet, avec plusieurs physiciens modernes, que la masse d'un corps est une quantité variable avec les pertes ou les gains d'énergie, subis par le corps lui-même, autrement dit, que la matière et l'énergie sont interchangeables.

« Mais la loi qui régit l'échange de l'énergie et de la masse est telle qu'une variation énorme de l'énergie entraîne une variation infime de la masse du corps; Δm étant la variation de la masse d'un corps, ΔE la variation correspondante de l'énergie

totale du même corps, V la vitesse de la lumière, soit 3×10^{10} cm par seconde :

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{V^2}.$$

» Si bien que dans une réaction, même violente, comme celle de 16 gr. d'oxygène et de 2 gr. d'hydrogène se combinant pour donner 18 gr. d'eau, avec un dégagement de chaleur de 69 000 cal.-gr.-degré, il n'est perdu en poids que moins de $\frac{1}{100\,000}$ de milligramme, quantité inaccessible à nos mesures actuelles. »

La conclusion de l'auteur est que « quelle que puisse être l'importance future de cette notion récente, nous pouvons, jusqu'à nouvel ordre, en faire abstraction dans l'écriture de nos équations chimiques, symboles de la conservation de la masse, telle que l'entendait Lavoisier ».

Au chapitre III signalons seulement la méthode de Louis Benoist, pour la détermination des poids atomiques par transparence aux rayons X, et la détermination de la constante d'Avogrado $N = 7 \times 10^{23}$.

Le chapitre IV traite des caractères généraux et des relations mutuelles des éléments. Il débute par l'hypothèse de Proust qui, d'après une observation récente de Langevin, prend un intérêt nouveau. « Les poids atomiques des éléments, bien qu'ils ne soient pas des multiples entiers de celui de l'hydrogène, s'en éloignent peu, surtout ceux des éléments légers. Ces petits écarts ne sont-ils pas imputables à une perte ou à un gain de matière, corrélatifs d'une variation d'énergie énorme, lors d'une condensation, suivant le principe déjà exposé d'équivalence de la matière et de l'énergie ? » On s'attendrait ici à un mot sur les vues de Hinrich, exposées dans plusieurs communications faites à l'Académie des sciences. D'après ce savant, les méthodes, employées pour la détermination des poids atomiques, ne sont pas à l'abri de toute erreur systématique, et les poids atomiques réels se rapprocheraient beaucoup plus de nombres entiers, ou du moins de fractions assez simples que cela ne paraît actuellement. C'eût été aussi le moment de dire un mot de l'existence des *isotopes*, qui font disparaître certaines anomalies constatées à ce point de vue dans les poids atomiques. C'est ainsi que pour deux des éléments dont le poids atomique s'écartait quelque peu de valeurs entières, le néon, de poids atomique 28,2 et le chlore, de poids atomique 35,5 environ, M. F. W. Aston a cru

pouvoir établir l'existence de deux isotopes respectivement 20 et 22, et 35 et 37, ayant par conséquent des poids atomiques entiers (1). Le même chapitre traite encore de la classification des éléments, de la valence, de la radioactivité et de la dégradation atomique, de la position des éléments radioactifs dans le système périodique et enfin de la structure de l'atome.

Le chapitre V étudie les propriétés et la théorie des solutions. On y trouvera un exposé clair et succinct de la théorie ionique.

Enfin le chapitre VI est consacré à l'affinité chimique. Il débute par l'étude de la vitesse de réaction et de l'équilibre chimique. Quelques exemples numériques font bien ressortir le degré d'exactitude, auquel on est arrivé en cette matière. L'examen de l'influence du milieu sur la vitesse de réaction amène l'auteur à dire un mot des catalyseurs qu'il classe en trois catégories, les uns agissant par *une action dissolvante*, les autres par *un contact électrique*, les troisièmes enfin par *la formation de composés chimiques intermédiaires*. Le chapitre se termine par quelques notions de thermochimie.

Cet exposé sommaire suffit à donner une idée de tout ce que contient ce petit livre, et nous ne doutons nullement qu'il ne réalise le but de son auteur, qui est « d'aider les jeunes gens à se former de bonne heure des notions correctes sur les premiers principes de la Chimie, et de contribuer à leur inspirer une confiance profonde dans la puissance des théories chimiques ».

J. Pauwels, S. J.

XXIV

Cours de Chimie à l'usage des étudiants du P.C.N. et S.P.C.N. par R. de Forcrand, correspondant de l'Institut, professeur à la Faculté des Sciences, directeur de l'Institut de Chimie de l'Université de Montpellier. Deuxième édition. Deux vol. in-8° de VIII + 438 et 528 pages, avec 26 et 30 figures. — Paris, Gauthier-Villars, 1918 et 1919.

Dans son Avertissement à la première édition, l'auteur indiquait de la façon suivante le but qu'il se proposait : « Je me suis abstenu de donner aucun détail sur les applications médi-

(1) Revue générale des Sciences pures et appliquées, 31e année, 15 janvier 1920, p. 1.

cales ou pharmaceutiques des substances décrites. J'ai pensé que le certificat P. C. N. n'était ni un baccalauréat ni une licence, mais un intermédiaire entre les deux, et que, dans l'esprit de notre programme, les leçons qui y préparent devaient être exclusivement scientifiques... Il me paraît devoir être considéré comme l'introduction naturelle (je dirais même nécessaire) de tout enseignement supérieur scientifique. » Cette seconde édition vise encore plus haut, puisqu'elle est destinée, en outre, aux étudiants qui aspirent au certificat d'études supérieures de physique, chimie et sciences naturelles (ou S. P. C. N.). « Aussi, comme le dit l'auteur dans l'Avertissement pour la deuxième édition, a-t-il paru nécessaire, soit de développer certains chapitres (c'est ainsi que de profondes modifications et des additions importantes ont été faites dans l'exposé des généralités et de la chimie organique), soit de résumer plus complètement les faits de même nature au moyen de graphiques ou de tableaux synoptiques... On a dû ajouter aussi un chapitre spécial, à la fin du Tome II, concernant les applications numériques ».

Le Tome I débute par un chapitre intitulé *Généralités,* dans lequel, après avoir décrit l'objet propre de la chimie et le phénomène chimique, l'auteur traite des principes fondamentaux physico-chimiques de la conservation de la masse, de la conservation de l'énergie, et de la dégradation de celle-ci, ensuite des lois générales régissant les réactions chimiques, ainsi que des conséquences de ces lois (hypothèse d'Avogadro, détermination des poids moléculaires et des poids atomiques, atomicité de la molécule et valence de l'atome des corps simples) ; il termine par quelques notions de thermochimie et de cristallographie et par les règles de la nomenclature chimique. Vient ensuite la description des différents corps chimiques partagés en deux grands groupes, métalloïdes et métaux, la classification à l'intérieur de chaque groupe se faisant par la valence.

Dans le Tome II on peut distinguer trois parties : la première est consacrée à la chimie organique, la seconde traite de la chimie analytique, la troisième enfin donne quelques applications numériques. La chimie organique débute par une discussion sur la nature du corps organique, sur les fonctions chimiques organiques et les séries homologues. Puis, suivant en cela un certain nombre d'auteurs récents, et conformément d'ailleurs à la définition de la chimie organique, qui est *la*

chimie du carbone, il donne dans un chapitre préliminaire l'étude du carbone lui-même ; viennent ensuite les différentes fonctions organiques : oxydes, hydrocarbures, alcools, phénols, éthers-oxydes, aldéhydes, cétones, acides et sels, éthers-sels, anhydrides, chlorures d'acides, amines, amides, nitriles, azoïques. Le traité se termine par l'étude des composés hétérocycliques, des composés organo-minéraux, des albuminoïdes et des fermentations. Le traité sur la chimie analytique ne donne guère que des notions générales sur les différentes sortes d'analyse qu'on peut rencontrer, sans entrer d'ordinaire dans les applications pratiques.

Dans la partie descriptive de l'ouvrage, l'étudiant trouvera tous les détails désirables sur la préparation, la composition, les propriétés des différents corps chimiques. Nous regrettons toutefois que dans l'explication de ces propriétés l'auteur ait cru pouvoir faire complètement abstraction des nouvelles théories physico-chimiques ; et cependant, de l'avis de ceux qui en ont fait l'expérience, il y a tout avantage à initier les étudiants dès le commencement à ces théories qu'on peut faire comprendre aux débutants aussi aisément que les autres théories qu'on leur donne, et qui ont le grand avantage de donner une explication facile et satisfaisante d'un grand nombre de phénomènes ; ainsi, par exemple, que de réactions caractéristiques, de précipitations, de dissolutions de précipités qui sont expliquées par la théorie des ions, le produit de solubilité, le déplacement de l'équilibre, et pour lesquelles les lois de Berthollet et le principe du travail maximum de Berthelot sont impuissants à donner une explication satisfaisante ! Et comme la définition de l'acide, de la base et du sel telle que nous la donne la théorie des ions est autrement nette et précise que celle à laquelle se voit acculé l'auteur (p. 290) et d'après laquelle l'eau et l'ammoniaque deviennent des acides et la soude caustique un sel ! Nous avons aussi quelques réserves à faire sur ce que l'auteur dit de la classification. Pour lui, une classification naturelle des éléments n'existe en aucune façon. « Aussi bien, dit-il (p. 282, en note), il ne faut pas attacher une trop grande importance à ces classifications qui sont toujours bien artificielles. La nature n'a certainement jamais songé à faire des classifications, et mieux vaudrait peut-être s'en passer. La chose importante est de bien connaître les caractères particuliers, et de savoir, par des comparaisons, réunir les corps en petits groupes comprenant des substances assez voisines et qui nous montrent une modifi-

cation graduelle de leurs propriétés. » Sans doute le dernier mot sur la classification est loin d'être dit, il faudrait pour cela connaître complètement toutes les propriétés de tous les corps ; mais conclure de là que nous ne connaissons rien de la classification naturelle, ou même que cette classification naturelle n'existe pas, est certes aller trop loin. Sans doute la classification périodique présente des difficultés que les données actuelles de la science ne permettent pas encore de résoudre, mais d'autre part les résultats déjà acquis, le fait que cette classification a permis de prévoir, avec une exactitude que le hasard ne saurait expliquer, les propriétés de plus d'un corps non encore découvert, le fait non moins remarquable que les éléments de la famille de l'argon, dont on ne soupçonnait pas même l'existence lors de l'établissement de cette théorie, sont venus se ranger tout naturellement dans le tableau, tout cela montre que cette classification « contient certainement une part de vérité ». Et alors on s'étonne d'entendre l'auteur conclure sa note sur le système de Mendeleef : « Aussi, s'il est juste de reconnaître que ce tableau a rendu de grands services, il ne présente guère, pour l'enseignement élémentaire de la chimie du moins, que l'avantage de réunir en fait (le plus souvent), dans les mêmes groupes, les corps simples analogues. Cette réunion peut se réaliser sans qu'il soit nécessaire de se reporter à la classification de Mendeleef. Nous n'indiquerons donc cette tentative que pour mémoire ». Terminons par un dernier *desideratum* : nous espérons que dans la prochaine édition l'auteur ajoutera une table alphabétique qui rendra plus facile l'utilisation des riches mines de données expérimentales renfermées dans cet ouvrage.

J. Pauwels, S. J.

XXV

Relations entre la constitution chimique et la coloration des corps organiques, par André Meyer, Docteur ès sciences. Une brochure de 48 pages. — Paris, Hermann, 1914.

Cette conférence, donnée à la fin de l'année 1913, à la Société de chimie physique de Paris, résumait d'excellente façon l'état de cette intéressante question.

Le conférencier passe successivement en revue les divers groupes chromophores et auxochromes et s'arrête spécialement

à l'un des plus curieux, le chromophore quinoïdique. Il rappelle aussi les relations entre la réactivité chimique et la coloration des molécules organiques.

Dans une seconde partie le conférencier expose les procédés d'investigation spectroscopique, appliqués à la détermination de la constitution, question qui a fait de si rapides progrès dans ces dernières années, grâce aux travaux de V. Henry et de ses élèves.

Il signale quelques travaux sur les changements de coloration, provoqués par les transpositions moléculaires et discute ensuite l'halochromie, cette propriété de quelques combinaisons organiques incolores de se transformer, à la suite de phénomènes d'addition en combinaisons colorées, quoique dépourvues de chromophores ; il termine par quelques mots sur la théorie, si controversée, des indicateurs colorés.

On trouve, en appendice, une bibliographie étendue sur le sujet.

P. Bruylants.

XXVI

La Catalisis quimica, par E. Vitoria, S. J., Doctor en Ciencias. Un vol. in-8° de 540 pages. — Barcelona, Tipografia católica, 1918.

La seconde édition de cette importante publication du Père Vitoria sera accueillie avec plaisir dans les milieux scientifiques. L'ouvrage qui est rédigé d'après le plan d'ensemble de la première édition a été notablement augmenté ; on y trouvera environ six cents références nouvelles.

Rappelons brièvement l'ordre de l'exposé.

Après une introduction historique, les définitions et classifications, l'auteur passe en revue les catalyseurs minéraux les plus importants et signale ensuite quelques applications industrielles de la catalyse : le procédé Deacon, le procédé de contact pour l'acide sulfurique, ainsi que quelques brevets intéressants, celui du gaz d'éclairage Sabatier, la fabrication du tétrachlorure de carbone aux dépens du sulfure, etc.

La quatrième partie est consacrée à l'exposé des notions fondamentales de la mécanique chimique ; l'auteur y développe clairement les points fondamentaux de l'étude de la vitesse de réaction et des équilibres chimiques, notions qui permettront de mieux se rendre compte des phénomènes catalytiques.

La partie suivante est consacrée à l'étude des fermentations, la sixième à l'étude de l'état colloïdal et la dernière partie expose les théories, tant physiques que chimiques, de la catalyse.

On trouve au cours de l'ouvrage des indications pratiques au sujet de la préparation d'un certain nombre de composés organiques, une quarantaine environ, ainsi que les différentes méthodes de préparation des colloïdes.

P. Bruylants.

XXVII

Esquisse sommaire d'une Description géologique de la Belgique, par F. Kaisin, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Louvain. Un vol. grand in-8° de 154 p., 48 fig. — Louvain, Uystpruyst. Paris, Dunod et Pinat, 1919.

« L'arrêt de quatre années, imposé par l'agression germanique à l'activité de nos Universités, a eu pour résultat d'amener dans les auditoires une telle affluence d'étudiants qu'il nous a paru nécessaire de leur mettre en mains le texte des leçons que la reprise tardive et la durée restreinte des cours leur rendaient pour ainsi dire impossible de noter de façon suffisamment complète.

« La publication de cet ouvrage a donc été entreprise hâtivement.

» L'enseignement élémentaire a des exigences difficiles à concilier avec le souci d'exactitude qui doit dominer les études scientifiques. La schématisation qu'il comporte est toujours inexacte par quelqu'endroit...

» Nous espérons qu'on ne s'étonnera pas de ne point rencontrer, dans cette *Esquisse sommaire*, les qualités d'un tableau achevé. »

Ces quelques lignes, extraites de l'Avant-propos, définissent bien l'allure générale de ce livre, très coquettement composé par l'imprimerie Jacques Godenne, et dont la minceur constituera un attrait spécial pour d'autres que ceux auxquels il est « uniquement », ou mieux, plus spécialement destiné : les étudiants préparant l'examen de la candidature en sciences naturelles. Nombreux sont en effet les lecteurs qui regrettent l'absence d'une esquisse de la géologie de la Belgique, en rapport avec les découvertes de toute espèce faites depuis 1880, date de la réimpression du *Prodrome* de G. Dewalque et de la publication du tome I de la *Géologie* de M. Mourlon. Le présent essai ne leur donnera pas satisfaction en tout point, notamment en ce

qui concerne la tectonique de la province de Liége ; mais l'auteur les en avertit. Ce livre ne suppléera ni à la consultation des deux classiques, ni, en ce qui concerne la région de Mons, au tome I (1909) de la *Géologie* de M. J. Cornet. Cependant, dans un style élégant, à l'aide de figures judicieusement choisies et clairement dessinées, M. Kaisin leur permettra de saisir ou de se remémorer très exactement les principaux traits de la structure du sol national.

On ne peut qu'augurer un très gros succès en faveur de ce livre, contribution bien intéressante à la reprise des activités belges dans le domaine des publications scientifiques.

A. R.

XXVIII

COURS D'AÉRODYNAMIQUE PRATIQUE, par A. COURQUIN et G. SERRE. Un vol. in-8° de 151 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Cet ouvrage débute par le rappel des notions fondamentales de la mécanique. L'exposé n'a pas la rigueur habituelle des traités scientifiques ; mais les auteurs poursuivent un but immédiatement pratique, en vue duquel trop de discussions délicates nuiraient.

Le chapitre II étudie l'action de l'air sur les corps en mouvement : réaction normale, réaction tangentielle ou *traînée*, influence de l'angle d'attaque, des formes du corps entraîné, action du vent relatif sur les haubans, les montants. On a pu, par exemple, en fuselant convenablement les haubans du type *Sopwith*, lui faire gagner 5 km. à l'heure.

Le vol horizontal, les conditions d'équilibre, l'influence de l'angle d'attaque, celle de la puissance motrice font l'objet du chapitre suivant. On comprendra, par exemple, comment un avion peut voler horizontalement, sous même puissance, à deux vitesses de régime différentes. Les auteurs considèrent ensuite le régime de montée, l'angle économique, la vitesse d'ascension et la hauteur limite de l'ascension ou plafond.

La descente est analysée avec beaucoup de développement. Elle pose de multiples problèmes que le profane est loin de soupçonner. Les virages, eux aussi, sont intéressants : virage avec ou sans dérive, conditions d'équilibre en virage, appareils de virage, descente en spirale, etc.

Les chapitres IV et V traitent les questions qui concernent la stabilité, l'action du vent, l'envol en terrain découvert ou en terrain bordé d'obstacles, l'atterrissage.

Enfin le dernier chapitre, très bref, décrit le propulseur, l'hélice aérienne, appareil de précision entre tous, dont le rendement suppose une étude théorique minutieuse et dont la construction exige un soin extrême, allant jusqu'au choix du vernis qui doit lui assurer le poli le plus avantageux.

Un des grands mérites de cet ouvrage est qu'il peut être lu d'un bout à l'autre, moyennant un effort d'attention suffisant, même par ceux qui n'auraient aucune culture mathématique spéciale. Cet avantage sera grandement apprécié par les personnes — elles sont légion de nos jours — qui s'intéressent à l'aviation et sont désireuses « d'y comprendre quelque chose ».

F. W.

XXIX

Causeries philosophiques, par A. Badoureau. Un vol. in-8° de xx + 217 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1920.

Voici comment l'auteur s'exprime dans sa préface au sujet de son livre :

« Nous parcourrons tout le champ des connaissances humaines et nous effleurerons celui des conjectures. Nous parlerons comme faisait Pic de la Mirandole au xve siècle, *de omni re scibili et quibusdam aliis*, mais nous confesserons souvent notre ignorance et nous nous excusons d'avance de toutes les erreurs que nous commettrons ».

« Ce Livre ne sera d'ailleurs rien de plus qu'un bavardage sans prétention sur des sujets ardus de métaphysique, de science, de religion, de politique ».

Telle est bien aussi notre appréciation.

D. T.

XXX

Geneeskundige plichtenleer. Deontologia medica, par le R. P. J. Salsmans, S. J., professeur de Morale. Avec une Introduction du Dr H. De Stella, professeur à l'Université de Gand. Un vol. in-8° de xv-208 pages. Collection « Onze Studiën ». — Louvain, Vlaamsche Boekenhalle, 1920.

La profession médicale ramène constamment celui qui l'exerce, en face de problèmes moraux. Comme toute profession, elle comporte, évidemment, des devoirs de justice et de charité, mais

combien aggravés par l'importance des intérêts mis en cause : la vie ou la santé, c'est-à-dire les biens temporels les plus précieux ! Ce n'est pas tout : le rôle du médecin ne se borne pas à provoquer des réactions physiologiques plus ou moins salutaires : le médecin est un « homme », ses clients sont des « hommes », et ceux-ci pas plus que celui-là n'ont le droit de s'isoler, en égoïstes, de la grande famille humaine : d'où un code enchevêtré de devoirs et de convenances, qu'il sera toujours infiniment utile de formuler d'une manière nette et raisonnée.

Le R. P. Salsmans, dont la récente « Déontologie juridique » a bénéficié du succès le plus flatteur, offre aux médecins de langue néerlandaise un exposé parfaitement clair et précis, à la fois bref et singulièrement complet, des points de vue moraux qui commandent la pratique de leur art. Après avoir rappelé, en une trentaine de pages, les principes de la responsabilité morale, il aborde l'examen de ces « devoirs généraux » du médecin, que nous rangerions volontiers sous l'étiquette de « conscience professionnelle » : obligations contractuelles et non contractuelles, dans les consultations gratuites ou rétribuées ; science requise ; soin et ponctualité ; prudence et discrétion à l'essai de remèdes et dans les interventions chirurgicales ou autres ; secret médical ; rapports et témoignages en justice, attestations diverses ; honoraires exigibles, etc. etc... Tout ceci noté, avec rigueur et sans phrases inutiles, en une soixantaine de pages de petits paragraphes pleins de choses. La troisième et dernière partie du livre (environ 100 pages) est consacrée au devoir du médecin dans quelques conjonctures spéciales, particulièrement délicates. Soulignons seulement les suivantes : attitude pratique du médecin traitant devant les problèmes concrets de la vie sexuelle, en mariage et hors mariage ; son intervention à la naissance de l'enfant ; règle de conduite qu'il doit tenir dans des circonstances où est intéressée sa religion personnelle, ou celle de ses clients. — Une liste bibliographique et une table alphabétique ferment le volume.

Le R. P. Salsmans s'adresse directement aux médecins catholiques. Nous souhaiterions que son livre fût utilisé aussi par des praticiens étrangers à nos croyances : il ne peut leur être indifférent de savoir avec exactitude sur quels points ils sont exposés à froisser inconsciemment, dans leur clientèle catholique, la délicatesse morale ou le sentiment religieux. A ce titre, du moins, la lecture d'une Déontologie foncièrement chrétienne leur serait avantageuse.

J. Maréchal.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

BULLETIN DES SCIENCES TECHNIQUES

Les progrès de la Télégraphie sans fil (1). — *La T. S. F. pendant la guerre.* — Les principaux perfectionnements qui ont été apportés à la télégraphie sans fil pendant la période de guerre, peuvent se ramener aux points suivants :

D'abord, l'abandon progressif de l'émission par ondes amorties et leur remplacement par les ondes entretenues qui semblent devoir être seules utilisées à l'avenir. Grâce à leur emploi, on a pu établir des stations très importantes de plusieurs centaines de kilowatts, comme celles de Nantes, de Lyon et de Bordeaux, par lesquelles on assure actuellement des communications transatlantiques qui suppléent entièrement les câbles télégraphiques sous-marins.

L'utilisation des propriétés remarquables de la lampe à vide à trois électrodes a donné, suivant les montages adoptés, soit des détecteurs ultra-sensibles, soit des amplificateurs de réception d'un pouvoir extrême, soit enfin des postes d'émission par ondes entretenues d'une pureté parfaite permettant des conversations d'une clarté remarquable par téléphonie sans fil. Cette lampe, mieux encore que celle d'Aladin, mérite d'être appelée « merveilleuse » par des qualités exceptionnelles, parmi lesquelles il faut citer : la simplicité de son emploi, l'exiguïté de ses dimensions, le caractère silencieux et parfait de son fonctionnement.

(1) La Technique Moderne, octobre 1919.

En troisième lieu, la radiogoniométrie, c'est-à-dire la détermination de la direction des ondes reçues, est entrée dans le domaine de la pratique, faisant connaître à 2 ou 3 degrés près, avec des appareils relativement simples et d'une manœuvre aisée, la direction du centre d'émission.

Enfin, les méthodes de mesure des phénomènes électriques de haute fréquence, qui sont à la base de tous les autres progrès réalisés et dont nous sommes redevables, pour une grande part, au regretté M. Armagnat, se sont beaucoup développées. En particulier, des mesures très précises d'amortissement sont actuellement possibles et font entrevoir de nouveaux progrès intéressants dans un avenir rapproché.

L'extension prise pendant la guerre par la télégraphie sans fil a exigé qu'un personnel nombreux fût rapidement entraîné et formé au maniement des appareils. Les opérateurs étant souvent recrutés parmi des gens d'instruction et d'intelligence fort moyennes, il a fallu créer de toutes pièces un matériel inédit simplifiant l'apprentissage et combiné pour faciliter les manœuvres et éliminer toute cause d'erreur directe.

En vue d'éviter les brouillages incessants qui résultaient du fonctionnement simultané de nombreux postes puissants et souvent très rapprochés, une organisation minutieuse a été étudiée et mise au point. Chaque station a été caractérisée par deux longueurs d'onde bien définies : l'une, dite longueur d'onde de veille, est celle sur laquelle sont constamment réglés les appareils récepteurs, de manière à pouvoir immédiatement et en tout temps répondre au premier appel. L'autre, distincte de la première, est celle qui sert aux transmissions.

La T. S. F. dans son état actuel. — Le développement acquis à ce jour par les méthodes employées en télégraphie sans fil permet :

1) à une station réceptrice convenablement équipée de recevoir sans aucune gêne des signaux sur ondes entretenues, pendant qu'un poste voisin transmet sur ondes amorties ou au moyen d'une autre longueur d'ondes entretenues, même très voisine de celle sur laquelle on reçoit ;

2) à un opérateur situé à plusieurs dizaines de kilomètres d'un poste récepteur, et relié à lui par une ligne téléphonique ordinaire avec fil, de recevoir au téléphone exactement tous les signaux que l'agent de la station réceptrice entendra dans ses écouteurs ;

3) dans les mêmes conditions que la réception à distance, on

peut réaliser l'émission à distance en montant un manipulateur Morse à l'extrémité d'une ligne télégraphique raccordée aux appareils émetteurs ;

4) grâce aux amplificateurs, on peut équiper à l'intérieur d'un bureau une excellente station de réception n'ayant pour antenne qu'une simple bobine de quelques spires de grand diamètre qu'on appelle communément un « petit cadre ». Si ce dernier a son plan d'enroulement vertical et est mobile autour de son axe vertical, il permet en outre la radiogoniométrie ;

5) en ce qui concerne la téléphonie sans fil, elle est devenue aujourd'hui absolument courante à des distances inférieures à 300 kilomètres, et facile à réaliser.

Une station-type moderne de télégraphie sans fil comportera une batterie de réception sur petits cadres avec autant d'écouteurs distincts que l'on a d'ondes de veille à surveiller en permanence. Le bureau central récepteur pourra être relié par fil à des postes secondaires de façon à y permettre une transmission directe des signaux évitant toute perte de temps. Pour la facilité des communications, on le disposera de préférence au centre des agglomérations à desservir. Il sera distinct du poste d'émission placé dans la campagne de manière à y avoir une belle antenne bien dégagée appropriée aux longueurs d'ondes à transmettre. Ces appareils émetteurs pourront être commandés à distance par les opérateurs du bureau central. Si l'importance ou la diversité du trafic le réclame, un même central récepteur pourra faire fonctionner simultanément plusieurs stations distinctes d'émission. En disposant d'une série de stations importantes ainsi équipées et en travaillant suivant un code de réglementation internationale judicieusement établi, on assurera d'une façon permanente les communications entre toutes les parties de la terre.

La T. S. F. dans l'avenir. — Les progrès à réaliser portent tout d'abord sur une utilisation plus intensive des radiations. Actuellement une grande partie de l'énergie est dépensée en pure perte à produire dans toutes les directions des ébranlements de l'éther, alors que la propagation des ondes dans la direction de la station réceptrice est la seule utile. Un perfectionnement énorme sera réalisé le jour où l'on saura pratiquement faire de l'émission dirigée. Un poste pourra alors transmettre simultanément, avec une même longueur d'onde, des signaux distincts à une série de correspondants dans des directions différentes. La rapidité des communications pourra être augmentée en rédui-

sant au minimum les appels de service au commencement et à la fin des dépêches. Un immense progrès reste encore à réaliser pour la jonction des réseaux actuels par fil avec les installations sans fil. Quand des appareils pratiques et adéquats auront permis de surmonter cette difficulté, on verra ce résultat merveilleux d'un abonné téléphonique d'Europe pouvant converser directement de chez lui avec son correspondant d'Amérique. Rien désormais ne saurait étonner dans ce domaine des utilisations des ondes électromagnétiques, et ces belles promesses d'avenir sont déjà en cours de réalisation. D'ici peu de temps, il sera possible de communiquer directement de Paris à Buenos-Ayres, sans poste intermédiaire, c'est-à-dire sur une distance de 10 000 kilomètres. Peu après, on pourra converser de la même manière entre Paris et Saïgon, soit sur une distance de 12 000 km. On peut envisager comme une certitude que, dans très peu d'années, la télégraphie et la téléphonie sans fil seront couramment employées par le public et permettront de correspondre dans toutes les parties du monde.

Les alternateurs à haute fréquence (1). — Pendant longtemps il a été impossible de construire pratiquement des alternateurs d'une puissance supérieure à 100 kilowatts, capables d'engendrer des courants d'une fréquence de l'ordre de celles qui sont utilisées en télégraphie sans fil. Cependant, l'extension prise par l'emploi des ondes entretenues pour les transmissions a amené les chercheurs à porter leurs efforts vers la réalisation de génératrices à haute fréquence que l'on puisse coupler directement à l'antenne.

Nous passerons brièvement en revue les principales solutions proposées jusqu'à ce jour pour ce difficile problème.

Dès 1904, l'Américain Lamme a construit une machine homopolaire capable de fournir une fréquence de 10 000 périodes par seconde. En 1912, M. Bethenod réalisa des courants d'une fréquence de 24 000 par seconde en montant quatre alternateurs en cascade. Leurs rotors étaient calés sur le même arbre et l'excitation de chacune des machines était obtenue au moyen du courant produit dans la précédente, la première seule étant excitée par du courant continu. Dans ces conditions, si f désigne la périodicité correspondante à la vitesse de rotation des machines, on obtient à la dernière génératrice un courant de

(1) THE WIRELESS WORLD, juillet et août 1919.

périodicité égale à $4f$, et, d'une manière générale, à nf si on a n alternateurs accouplés sur le même arbre. Ce système paraît présenter de grands avantages pour les puissances élevées.

Vers la fin de 1907, M. Goldschmidt a réalisé pratiquement une machine dont le principe théorique avait été formulé par M. Bethenod dès 1893 : si on considère une génératrice comportant un stator et un rotor, munis tous les deux d'un enroulement monophasé, en envoyant du courant continu dans l'inducteur fixe, on obtient un courant alternatif de fréquence f dans le rotor. Celui-ci donne naissance à un champ alternatif, que l'on peut décomposer en deux champs tournants de sens inverse. Celui qui se déplace dans la même direction que l'induit provoque la production d'un courant de fréquence $2f$ dans l'inducteur fixe. A son tour, celui-ci devient le siège d'un champ alternatif, que l'on peut à nouveau décomposer en deux champs tournants de sens inverse. Celui qui se meut suivant la rotation de l'induit, donne naissance, dans ce dernier, à un courant de fréquence $3f$ et enfin, par un mécanisme analogue à celui exposé ci-dessus, on recueille dans l'inducteur un courant de fréquence $4f$, dont on provoque la résonnance de manière à l'utiliser à l'exclusion de tous les autres. On réalise ainsi, par des procédés purement électriques, un résultat identique à celui obtenu par la mise en cascade de plusieurs machines. Bien entendu, rien n'oblige à s'arrêter à la fréquence $4f$, et on peut provoquer la résonnance d'un courant de fréquence plus élevée encore. Seulement, en pratique, on se trouve assez vite limité dans cette voie.

Les alternateurs homopolaires comportant simplement un disque en métal magnétique, tournant entre des pôles sans bobinage, ont été également employés pour réaliser des fréquences élevées. Leur avantage est qu'on peut aisément les faire tourner à de très grandes vitesses. Entre 1893 et 1900, M. Thury a construit plusieurs machines de ce genre. L'une d'elles, exposée en 1896, présentait 200 pôles, et permettait d'obtenir une fréquence de 10 000, avec une vitesse de 300 tours par minute.

L'alternateur à haute fréquence, imaginé en 1904 par M. Lamme, et celui dû plus récemment à M. Alexanderson procèdent du type Thury. On a admis dans ces machines des vitesses périphériques, allant jusqu'à 200 et même jusqu'à 300 mètres par seconde.

Une autre solution du problème a été cherchée dans les alternateurs à réluctance variable. En principe, ceux-ci comprennent

un enroulement d'excitation sur le stator, qui constitue en même temps le bobinage induit. Quand les dents du rotor sont en regard de celles du stator, le flux est maximum, et il est minimum, lorsque les dents du premier se trouvent en regard des encoches du second. On obtient ainsi une force électromotrice d'induction, présentant la même fréquence que celle que donnerait une machine homopolaire avec le même nombre de dents au rotor. Pour qu'elle ait une valeur élevée, il faut donc que les dents soient fort petites et très rapprochées. Dans le but de tirer meilleur parti de ces machines, on les a modifiées en les construisant comme des alternateurs homopolaires, et en faisant usage du dispositif de Goldschmidt pour la multiplication de la fréquence primaire engendrée. Ce sont les machines qui actuellement permettent d'atteindre le plus facilement les hautes périodicités, sans devoir tourner à une vitesse excessive. Afin de pouvoir réduire encore cette vitesse, on a imaginé de disposer plusieurs génératrices sur un même arbre, chacune d'elles ne comportant qu'une partie du nombre voulu de pôles, de manière que, par leur ensemble, elles réalisent, au point de vue électrique, une seule unité capable de fournir la fréquence voulue. L'espace gagné sur chacun des induits considéré isolément permet de loger beaucoup plus facilement les bobinages que si ceux-ci avaient dû être placés sur une seule machine. Par cette disposition, on réalise actuellement aisément les fréquences les plus élevées, exigées en téléphonie et en télégraphie sans fil.

Les caractéristiques des voitures automobiles actuelles (1). — Les conditions particulièrement dures auxquelles les véhicules automobiles ont dû satisfaire pendant la guerre ont fourni aux constructeurs un enseignement des plus précieux. Aussi, actuellement, ceux-ci sont-ils mieux à même que jamais de satisfaire à toutes les exigences, tant pour les voitures de tourisme, que l'on désire faciles à conduire, robustes et confortables, que pour les véhicules industriels, où l'on recherche avant tout à transporter un poids utile aussi élevé que possible.

Le moteur, dont le rendement atteint à peine 30 %, restant toujours l'organe le plus imparfait de la voiture, les techniciens cherchent principalement à le perfectionner. On est parvenu à

(1) Le Génie Civil, 18 et 25 octobre 1919.

améliorer quelque peu ses conditions de fonctionnement en allégeant les organes en mouvement, en modifiant la forme de la chambre d'explosion et surtout en augmentant la vitesse. Pour certains types, celle-ci a été portée jusque 2500 tours par minute en marche normale. Avec les voitures industrielles, on n'a pas été aussi loin dans cette voie, et leurs moteurs, moins poussés, donnent habituellement leur maximum de puissance aux environs de 1500 tours par minute.

Les caractéristiques des châssis pour voitures de ville ou de tourisme et celles des camions automobiles étant assez distinctes à plus d'un point de vue, il convient de les examiner séparément.

Voitures de ville ou de tourisme. — La tendance moderne pour ce genre de véhicule est à la voiture légère de 3 ou 4 places, en vue de réduire au minimum les dépenses d'entretien. Le moteur courant reste du type bloc à quatre cylindres, mais beaucoup de constructeurs, influencés par l'évolution américaine, augmentent le nombre des cylindres, qu'ils portent à six et même à huit pour les grosses voitures de grand tourisme.

Les progrès dans la construction du moteur se manifestent par l'emploi de bielles plus légères, de pistons en aluminium ou en acier, de soupapes de grandes dimensions et de tuyauteries à larges sections. Certaines firmes placent les soupapes au-dessus du cylindre, ce qui permet de donner à la chambre d'explosion la forme hémisphérique, qui convient aux moteurs à haut rendement. D'autres se contentent, pour améliorer la forme de la culasse, d'incliner l'axe des soupapes sur la verticale, tout en les laissant à leur place habituelle. Ces perfectionnements du moteur, bien que minimes, n'en sont pas moins sensibles, puisqu'on arrive à leur faire produire actuellement une puissance qui dépasse 20 chevaux par litre de cylindrée.

Le changement de vitesse a une tendance à devenir solidaire du carter du moteur, ce qui conduit les constructeurs à utiliser de plus en plus les embrayages à disques de préférence aux embrayages à cônes. L'accessibilité des organes est quelque peu diminuée par cette disposition, mais, par contre, les risques de détérioration dus aux déformations du châssis sur la route, qui désaxaient le changement de vitesse, disparaissent.

En règle générale, les voitures possèdent trois ou quatre vitesses différentes et une marche arrière. Chacune d'elles est commandée par un baladeur spécial, en vue de réduire la masse des engrenages que l'on veut mettre en prise. Le progrès se

manifeste ici par des engrenages à denture hélicoïdale, qui remplacent, dans les voitures de luxe, les roues à denture droite.

L'emploi judicieux du métal et le perfectionnement de l'usinage, suppriment tout bruit de vitesse. La transmission du mouvement, à l'essieu arrière, se fait par une bielle de poussée ou par les ressorts de la voiture. Les partisans de la bielle de poussée centrale, qui absorbe en même temps les réactions du pont arrière, sont de plus en plus nombreux, surtout pour les voitures lourdes.

Le pont arrière est actuellement formé le plus souvent d'une poutre creuse, allant sans interruption d'une roue à l'autre, et présentant une forme d'égale résistance. Au milieu, une cavité contient le mécanisme différentiel, la couronne et le pignon d'attaque. Pour les voitures lourdes, cette poutre est en acier forgé; pour les voitures légères, on la constitue parfois de deux demi-tubes cintrés et soudés à l'autogène, suivant leurs génératrices du plan vertical.

On commence à utiliser, pour les voitures de tourisme, le freinage sur les quatre roues, ce qui, jusqu'à présent, n'avait été appliqué qu'aux autos de course.

La suspension du châssis a été notablement améliorée : on fait souvent usage de larges ressorts à lames multiples montés sans flèche en charge normale. Des essais de ressorts réglables suivant la charge du véhicule ont été tentés et il est à présumer que la réalisation simple d'un dispositif de cette nature apporterait une amélioration sensible à la suspension.

Le graissage sous pression et le graissage automatique se partagent la faveur des constructeurs. Tous deux utilisent l'huile en circuit fermé et réduisent la consommation à moins d'un litre aux cent kilomètres.

Les roues à voile plein, constituées par une tôle amincie progressivement par laminage du centre à la périphérie et repliée pour être emboîtée dans la jante de la roue, sont maintenant les plus répandues. Elles offrent l'inconvénient d'être un peu moins élastiques que les roues en bois, mais, par contre, leur solidité, leur rigidité et leur facilité d'entretien sont des qualités précieuses qui ont fait leur succès. Toute voiture porte toujours une cinquième roue de rechange qui, en cas de panne de pneumatique, est rapidement mise en place de la roue défectueuse.

L'éclairage et le démarrage électriques sont devenus le complément indispensable d'une voiture bien équipée. L'éclairage électrique nécessite une petite dynamo spéciale avec un régula-

teur pour maintenir le voltage constant malgré les variations de vitesse, et une batterie d'accumulateurs destinée à assurer l'éclairage aux arrêts. Un conjoncteur-disjoncteur met automatiquement l'une ou l'autre source de courant en service. La dynamo est ordinairement établie pour fournir 10 ampères sous 12 volts. Elle tourne à une vitesse voisine de une fois et demie celle du moteur.

Pour le démarrage électrique, il est fait usage d'un petit moteur série alimenté par la batterie. On évite l'emploi d'un rhéostat de démarrage, en le reliant au moteur à essence par un accouplement élastique. Le travail qu'on lui demande exige un courant de 100 à 150 ampères sous un voltage de 12 volts. Sitôt le moteur à explosion lancé, le moteur électrique est mis automatiquement hors circuit. Certains constructeurs réunissent en une seule machine le moteur de lancement et la dynamo d'éclairage. Dans ce but, cette dernière est pourvue d'un enroulement série qui n'est utilisé que pendant le démarrage, l'enroulement dérivation étant alors hors circuit.

Les progrès essentiels du côté de la carburation ont porté sur l'alimentation du carburateur. Jusqu'à présent celle-ci se faisait au moyen d'un réservoir d'essence sous pression ou en charge par rapport au carburateur. Ces deux systèmes avaient chacun leurs avantages et leurs inconvénients. La solution nouvelle consiste en l'emploi d'un réservoir auxiliaire de petite capacité, appelé nourrice, et placé sous le capot de la voiture. Il est en charge par rapport au carburateur et s'alimente par aspiration au réservoir principal qui reste à l'arrière.

Véhicules industriels. — Ceux-ci se divisent en trois classes bien distinctes. On a d'abord les voitures de livraison, de capacité réduite : 500 kilos de poids transporté, qui conviennent pour le petit commerce. Leur vitesse ne dépasse pas 80 kilomètres à l'heure. Puis vient la camionnette, portant de 1000 à 1500 kilos, et susceptible de faire journellement un parcours d'une centaine de kilomètres. C'est le type qu'emploie le commerce de gros pour alimenter les détaillants. Le moteur, d'une douzaine de chevaux, tourne à 1500 tours par minute et consomme environ 25 litres d'essence aux cent kilomètres. On a enfin les camions proprement dits, destinés à des marchandises qui nécessitent un fourgon de dimensions importantes. Ils furent construits au début pour une charge utile de 3,5 tonnes, que l'on porta rapidement à 5 et même à 7 tonnes. En ajoutant à ces véhicules une remorque, on peut doubler ou tripler leur capacité.

La construction de la voiture de livraison et de la camionnette légère s'écarte peu de celle de la voiture de tourisme. La seule particularité à signaler est qu'on les munit ordinairement d'un limiteur de vitesse, qui agit par étranglement sur l'air admis au carburateur. Quant aux camions, ils présentent quelques caractéristiques spéciales. Le moteur est ordinairement monobloc à quatre cylindres. On dispose de quatre vitesses, dont la dernière en prise directe limite le régime du moteur à 1000 tours, afin d'éviter de donner au véhicule une vitesse exagérée. Le châssis est formé de deux longerons rectilignes, compris entre les ressorts de suspension arrière.

Par suite de la vitesse moins grande du véhicule, le refroidissement du moteur est plus difficile à réaliser sur le camion que sur la voiture ordinaire. Il est donc nécessaire d'aspirer l'air sur le radiateur au moyen d'un ventilateur, actionné par le moteur, et d'avoir une pompe pour assurer la circulation de refroidissement. Ordinairement le radiateur est formé de tubes à ailettes rapportées.

La transmission au pont arrière s'établit par chaîne ou par cardan.

Pour les fortes puissances, la cardan se complète par l'attaque des roues arrière, au moyen de pignons et de couronnes dentées.

Au-dessous de 3,5 tonnes, les camions portent des bandages pneumatiques, jumelés sur la même roue, pour pouvoir résister aux charges qu'on leur impose. La pression dans la chambre d'air est de cinq kilos par centimètre carré. Les dimensions des plus gros pneumatiques, fabriqués actuellement, sont de 950 × 140. Pour de plus forts tonnages, on prend toujours des bandages pleins. Comme le caoutchouc n'adhère pas à l'acier, on interpose entre la jante métallique de la roue et le bandage une couche d'ébonite.

Le ballon dirigeable et son avenir (1). — Le public croit généralement que l'avion a acquis sur le dirigeable une supériorité telle que ce dernier est appelé à disparaître complètement dans un avenir plus ou moins éloigné. Il n'en est cependant rien, et quand on examine ce que sera l'aéronautique de demain, on reste surpris de la large place réservée au grand dirigeable et à ses dérivés. La guerre, à ce point de vue, a été fertile en enseignements et a réduit à néant bien des objections que l'on faisait

(1) L'AÉRONAUTIQUE, février 1919.

au plus léger que l'air. Une des principales, est le risque d'incendie des ballons gonflés d'un gaz combustible. Or, les dirigeables britanniques, dont le nombre dépassait la centaine à la fin de 1918, ont parcouru, pendant les hostilités, plus de quatre millions de kilomètres, ont volé plus de 100 000 heures et n'ont donné lieu qu'à un seul incendie ; encore le cas s'est-il produit à bord d'un ballon dirigeable en essai, d'un type nouveau, et est-il dû à des causes dont l'origine est restée mal déterminée. Quant aux dirigeables français, dont le nombre oscillait entre 20 et 40 en 1917 et 1918, et qui ont parcouru, pendant la dernière année de la guerre, plus d'un million de kilomètres, ils n'ont présenté aucun accident analogue. On peut d'ailleurs écarter toute crainte d'incendie en utilisant, pour gonfler les ballons, de l'hélium, d'un pouvoir ascensionnel presque égal à celui de l'hydrogène et dont l'incombustibilité est absolue. La fabrication industrielle de ce gaz est actuellement entrée, comme nous le dirons plus loin, dans le domaine de la pratique.

On reproche encore au dirigeable la fragilité de son enveloppe et les difficultés d'atterrissage qu'il présente, dès qu'il y a quelque peu de vent. Ici encore, l'expérience de la guerre contredit ces affirmations. Pour toute l'année 1918, il n'y a eu le long des côtes anglaises, que neuf jours pendant lesquels aucun dirigeable britannique n'a pu sortir, et l'expérience des ballons français confirme ces résultats. L'emploi des hangars, bien orientés dans le sens des vents dominants et munis d'avant-ports judicieusement établis, permet de diminuer encore l'inactivité par gros temps.

La durée des patrouilles a été en moyenne de 5 1/2 heures pour les dirigeables français, et de plus de 6 heures pour les anglais. Mais, en pratique, elles duraient couramment de 15 à 20 heures et ont atteint, à titre exceptionnel, 40 et même 60 heures. De leur côté, les grands dirigeables allemands ont fréquemment tenu l'air 80 à 100 heures consécutives, et parcouru jusqu'à 8000 kilomètres sans escale. On voit par là combien grande est l'endurance du plus léger que l'air, puisque la durée du vol des avions les plus importants n'atteint actuellement que quelques heures.

Par contre, la vitesse des dirigeables souples ne dépasse pas 85 kilomètres par heure, et celle des types rigides 115 à 120 kilomètres, alors que les aéroplanes vont beaucoup plus vite. Mais ces derniers ont une capacité de transport notablement plus faible.

Les dirigeables exigent des installations importantes à leur

port d'attache, ce qui entraîne des dépenses considérables. Cependant, il ne semble pas que ce soit là un obstacle sérieux à leur développement. Il convient de noter, en effet, qu'il s'agit d'une question d'outillage à créer une fois pour toutes, et que plusieurs pays sont déjà entrés dans la voie des réalisations. C'est ainsi que l'Allemagne possède, outre une soixantaine de halls de moindre envergure, trois hangars de 260 mètres de long, de 75 mètres de largeur intérieure et de plus de 35 mètres de hauteur, et huit autres de 240 × 60 × 35 mètres. L'Angleterre a également édifié une dizaine de garages analogues.

En vue de réduire les frais d'exploitation et le personnel nécessaire aux manœuvres d'atterrissage et de départ, on rassemble, sur le même terrain, plusieurs hangars, qui forment ainsi un port, pourvu de toutes les installations nécessaires pour les navires aériens.

Les frais d'entretien des ballons dirigeables comprennent, outre ceux nécessités par leur port d'attache, les dépenses pour la fourniture du gaz et de l'essence. La perte de gaz est d'environ 10 % du volume en marche et de 2 à 3 pour mille au repos. La consommation d'essence étant, d'autre part, beaucoup plus minime que pour les avions, on trouve, tout compte fait, que le coût du transport à la tonne-kilomètre avec ces derniers, est trois fois plus élevé qu'avec les dirigeables. Ceci met en évidence l'avantage du ballon pour les voyages au long cours avec des charges importantes.

Au début de la guerre, les Français, les Italiens et les Anglais réunis ne disposaient que d'une dizaine de ballons dirigeables ; ils en avaient 170 à la fin de 1918. Ceux-ci étaient presque tous affectés à la défense contre les sous-marins. Ils étaient en général de faible volume, 2000 à 10 000 mètres cubes, et munis d'un armement puissant en canons de 47 et 75 ainsi qu'en bombes de 150 kilos. En Allemagne, le problème se posait différemment. Le dirigeable y servait pour les reconnaissances et les explorations au loin, ce qui conduisit à accroître ses dimensions et sa capacité de charge dans des proportions insoupçonnées jusqu'alors. Voici à ce sujet quelques données typiques relatives aux principaux modèles de Zeppelins.

Types :	L Z 16 (1915)	L Z 55 (1916)	L Z 49 (1917)	L Z 71 (1918)
Volume : m. c.	19 500	55 000	55 000	68 500
Charge utile : k.	6 000	22 000	32 000	48 000
Puissance : ch.-v.	540	1 400	1 200	1 600
Vitesse : km./h.	74	96	87	115-120
Endurance : h.	20	46	87	100

Ces chiffres montrent combien ont augmenté pendant la guerre, non seulement les charges emportées, mais encore la vitesse et l'économie générale des appareils. Ils permettent de constater que plus le dirigeable est grand, meilleur est son rendement.

La charge utile, telle qu'elle est calculée plus haut, comprend quatre termes essentiels : l'équipage, le lest, le combustible et la cargaison.

Pour un trajet de 6000 km., par exemple (Paris-New-York), elle peut se décomposer comme suit pour un ballon de 55 000 mètres cubes :

Combustible	18	tonnes
Équipage	2	»
Lest	4	»
Cargaison	8	»
Total	32	»

Si on compare ces résultats à ceux réalisés par les meilleurs avions actuels, on est frappé immédiatement de la puissance énorme que ces derniers nécessitent pour un faible poids transporté. Prenons, par exemple, le Handley-Page à quatre moteurs, d'une puissance de 1400 chevaux. Il peut emporter une charge utile de 3850 kilos se décomposant en :

Personnel	450	kilos
Essence et huile pour 900 km.	2000	»
Cargaison commerciale	1400	»
Total :	3850	»

On en déduit que, si le dirigeable a une vitesse inférieure de 50 pour cent à celle de l'avion, il peut, à égalité de puissance, porter une charge commerciale 15 à 20 fois supérieure et accomplir des parcours 8 à 9 fois plus longs. On voit donc nettement que ces deux appareils ont des applications pratiques bien distinctes : l'avion sera réservé au transport rapide à courte distance d'objets relativement peu pondéreux, tandis que le dirigeable trouvera un large champ d'application dans les longs parcours avec des charges importantes. Chacun des deux types, plus lourd et plus léger que l'air, répond donc à des besoins que l'autre est incapable de satisfaire convenablement.

On peut prévoir que le dirigeable de l'avenir s'orientera dans le sens des larges dimensions et cherchera à assurer des services de transport partout où il est nécessaire de parcourir sans escale de très longues distances. A ce point de vue, la traversée des

océans paraît devoir présenter pour lui un grand intérêt, car il permettra de réduire considérablement le temps employé actuellement. Le trajet du Havre à New-York, qui demande six jours avec les paquebots les plus rapides, peut être couvert en 54 h. soit 2 1/2 jours par un dirigeable. Pour des voyages vers l'Orient, le gain de temps serait encore plus grand à cause de la faible vitesse des navires qui desservent ces lignes et des détours qu'ils doivent faire.

En créant, dans les principaux centres du monde, des ports aériens régulièrement reliés entre eux par des services de dirigeables et rayonnant chacun dans leurs alentours immédiats au moyen d'avions, on aura pleinement résolu dans un avenir prochain le problème des transports rapides à travers le monde.

La production industrielle de l'hélium (1). — En 1868, Jansen décela dans le spectre de la photosphère du soleil une raie jaune qu'on ne pouvait attribuer à aucun des éléments connus.

Frankland et Lockyer en conclurent à l'existence d'un corps nouveau et lui donnèrent le nom d'hélium. Plus tard, Sir William Ramsay découvrit que ce gaz était contenu dans certains minéraux radio-actifs. A la suite de ses travaux et de ceux de Becquerel, de Rutherford, de Madame Curie et d'autres savants, il fut clairement démontré que l'hélium n'était autre chose qu'un produit de désagrégation des corps radio-actifs. L'air ordinaire en contient dans la proportion de quatre millionièmes. En 1907 l'Américain Cady découvrait que le gaz naturel qui s'échappe d'un certain nombre de puits du Kansas contenait plus de un pour cent d'hélium. Ce fut la première suggestion d'une source exploitable et suffisamment abondante de ce gaz. En France, le professeur Moureu, avec ses collaborateurs, montra que l'hélium était présent dans tous les gaz naturels et, sur ses indications, une petite fabrique fut installée, il y a une dizaine d'années, à la source de Bourbon-Lancey, qui renferme environ deux pour cent d'hélium. On y prépara quelque deux cents litres de ce gaz, qui rendirent les plus grands services dans de nombreux laboratoires.

Jusqu'en 1918, on n'avait cependant séparé en tout, dans le monde entier, que trois à quatre mètres cubes d'hélium, qui se vendaient au prix de 200 000 francs le mètre cube. C'est l'im-

(1) Chimie et Industrie, mai 1919.

portance prise pendant la guerre par l'aéronautique et le désir de trouver un gaz non combustible et doué d'un grand pouvoir ascensionnel qui ont donné l'essor industriel à la fabrication de l'hélium. Bien qu'il soit deux fois plus lourd que l'hydrogène, son pouvoir ascensionnel est encore égal à 92 % par rapport à celui de ce gaz et il présente sur ce dernier l'avantage de diffuser deux fois moins à travers les tissus des ballons.

L'extraction en grand de l'hélium se fit en Amérique sur les indications du colonel Burrel, dans une source de gaz naturel à Petrolia (Texas), dont le débit journalier était de 700 000 mètres cubes de gaz divers contenant environ 0,9 % d'hélium. Ce puits alimentait, par une canalisation de 150 kilomètres de longueur, les villes de Fort-Worth et de Dallas.

L'armée et la marine américaines allouèrent en août 1917 une première subvention de 500 000 francs pour les recherches, et, quelques mois plus tard, un nouveau crédit de 2 500 000 francs, en vue d'établir des installations pour l'extraction de l'hélium. Le seul procédé pris en considération fut celui de la liquéfaction du gaz et sa distillation fractionnée à très basse température. Trois usines distinctes furent érigées : deux à Fort-Worth, à l'extrémité de la canalisation, et une près du puits même à Petrolia. La première usine, construite par les soins de la *Linde air product Cy*, travaille suivant le procédé Linde pour la liquéfaction et la séparation des gaz ; on utilise simplement la détente pour obtenir la réfrigération. Elle a coûté 1 500 000 francs et commença à fonctionner en mars 1918. Sa production moyenne atteignit environ 200 mètres cubes d'hélium par jour à 70 % de pureté. Un traitement ultérieur l'amenait à 90-92 % de pureté. L'usine de la *Air Reduction Cy*, installée près de la précédente, fait usage du procédé Claude, qui se différencie de la méthode de Linde par l'emploi d'un moteur de détente qui permet de travailler à des pressions notablement plus basses. Elle a coûté environ moitié moins que l'usine Linde et ne commença à fonctionner que quelques semaines après celle-ci. Sa production n'atteignit jamais que 50 % environ de cette dernière. La troisième fabrique, montée à Petrolia même, à la station de pompage des gaz, fut établie suivant un nouveau système, imaginé par Jefferies et Norton, qui présenterait en pratique de sérieux avantages sur les méthodes de Linde et de Claude. Commencée deux mois après les autres, cette installation ne fut terminée qu'au début de 1919. Son prix d'établissement s'est élevé à environ un million de francs, mais elle est susceptible de fournir une production

journalière beaucoup plus importante que celle des deux premières usines.

Une quatrième installation destinée à remplacer la première usine Linde est actuellement en cours de construction, sous la direction immédiate du Département de la marine. Elle travaillera suivant le procédé Linde, et sa capacité de production atteindra 10 fois celle de l'ancienne usine, que l'on va démolir. Elle reviendra à environ 850 000 francs, ce qui, avec les canalisations et les concessions de gaz, représente un capital de premier établissement de 25 millions de francs. On espère que le prix de revient de l'hélium ne dépassera pas 20 francs le mètre cube et on entrevoit la possibilité de l'abaisser dans l'avenir à 10 et peut-être même à 5 francs.

On voit, par ce qui précède, que la séparation industrielle de l'hélium est aujourd'hui un problème parfaitement résolu. Dans un avenir prochain, on disposera de 500 000 mètres cubes de ce gaz par an. Aussi, la possibilité de se procurer des quantités importantes d'hélium est-elle de nature à inciter les chercheurs à trouver des applications nouvelles de ce gaz, en dehors de son emploi pour le gonflement des dirigeables commerciaux.

L'Évolution des constructions industrielles pendant la guerre (1). — Pendant la guerre, des facteurs dont l'influence n'était déjà plus négligeable auparavant, mais qui, à cause d'elle, ont pris une importance primordiale, ont agi pour modifier profondément en France l'aspect des constructions industrielles. Ce sont : le temps, le prix des matériaux et la difficulté de se procurer une main-d'œuvre qualifiée pour les mettre en œuvre.

Le prix du fer fut un des premiers à monter ; aussi, abandonna-t-on rapidement les bâtiments entièrement métalliques, au profit de constructions mixtes, comprenant les fondations, les poteaux, les chemins de roulement des ponts roulants et les sablières en béton armé, avec, sur cet ensemble, une légère charpente métallique. Cette dernière dut bientôt être supprimée par suite de l'augmentation incessante du prix des profilés et on en arriva ainsi aux bâtiments entièrement en béton. Le prix du ciment n'avait pas suivi la même progression que celui du fer, de sorte qu'on l'utilisa avec avantage pour faire des toitures de grande portée au moyen de voûtes minces, en prenant comme armature des sections d'acier quelconques. Graduellement on en

(1) La Technique Moderne, janvier et février 1919.

arriva à employer de moins en moins de métal dans le béton armé ; ce qui conduisit, pour garder une résistance suffisante, à accroître la section des poutres, résultat ordinairement atteint en développant leur hauteur. On parvint de cette manière à maintenir pendant longtemps les prix des constructions en béton armé très voisins de ceux d'avant la guerre et, en tout cas, bien en-dessous de ceux des charpentes métalliques. Le bois de coffrage devenant rare et coûteux, les constructeurs furent amenés à renoncer en partie au béton armé monolithique et développèrent l'emploi d'éléments moulés d'avance. La fabrication de dalles minces de grandes dimensions avec ou sans nervures, de panneaux démontables, de tuiles géantes, etc. prit une grande extension. En général ces objets étaient obtenus par projection de béton très liquide sur de légers treillis. On proposa même de réaliser de cette façon des planches pour construire des baraquements et des clôtures démontables. Seulement leur emploi ne se répandit pas, car elles présentaient le défaut d'être trop lourdes, de manquer d'élasticité et d'avoir des dimensions fixes sans modification possible.

La consommation du ciment allant toujours en croissant, peu à peu son prix s'éleva et, vers la fin de la guerre, on en revint pour les bâtiments industriels aux charpentes métalliques légères posées sur ossature en béton.

Dans les constructions démontables, si utilisées dans les camps et pour l'édification rapide de cités ouvrières à proximité des usines de guerre, on utilisa largement le bois. Au début, on prit surtout le sapin, car cette essence était la moins coûteuse. Plus tard, les importations de bois du Nord ayant cessé, on utilisa le chêne du pays. A cause de sa grande résistance, on pouvait se contenter de sections plus faibles et on parvint de cette façon à maintenir les prix des baraquements à une valeur acceptable. Mais, l'emploi du chêne se généralisant, sa valeur marchande s'éleva rapidement à son tour et on dut avoir recours au pin des Landes. Ce bois se débitant suivant des pièces de deux mètres de long seulement, on fut amené à étudier des types spéciaux de maisons démontables, qui donnèrent d'excellents résultats et sont actuellement largement utilisés dans les régions dévastées du Nord et de l'Est.

Les ressources industrielles de l'Alsace-Lorraine (1). — L'Alsace-Lorraine que la victoire a rendue à la France, comprend

(1) La Technique Moderne, avril et mai 1919.

1705 communes, peuplées en 1910 de 1 874 014 habitants, et, couvre une superficie de 14 522 kilomètres carrés. La richesse très grande, tant de son sol que de son sous-sol, a toujours été un objet de convoitise pour ses voisins de l'Est.

Elle possède quelques carrières d'où l'on tire ce beau grès vosgien, blanc, rouge, gris et souvent bigarré dont on a construit la cathédrale de Strasbourg. Depuis l'emploi du ciment armé et des pierres artificielles, il est cependant moins utilisé dans la construction. On en fait aussi des meules et des pierres à affûter, qui jouissent d'une réputation mondiale et s'expédient jusqu'en Amérique et en Australie. Le sel gemme forme des gisements étendus en Lorraine, principalement dans la vallée de la Seille. En 1912 on en a extrait pour près de deux millions de francs.

Mais les mines métallifères constituent un élément plus important de la richesse de ce pays. On rencontre dans les Vosges, de l'argent, du plomb, du cuivre, du cobalt, du manganèse, etc., quoique ces métaux ne se trouvent plus guère qu'en assez minime quantité. Par contre, le fer est en abondance. Le bassin de Thionville en Lorraine possède à lui seul une réserve de minerai représentant plusieurs milliards de francs. En 1913, on en a extrait 21 134 000 tonnes valant près de 70 millions de francs.

La Lorraine fournit aussi du charbon, mais en quantité à peine suffisante pour ses propres besoins métallurgiques et malheureusement très inférieure aux nécessités de l'industrie des deux provinces. Le déficit atteint environ 8 millions de tonnes par an. L'Alsace ne possède pas de charbon, mais a du pétrole à Soulz-sous-Forêt au nord-est de Strasbourg. Les sources de Pechelbronn ont un débit annuel d'environ 47 000 tonnes, valant approximativement 3 500 000 francs. En 1904, en faisant des sondages près de Cernay, en vue de rechercher la présence de charbon ou de pétrole, on découvrit fortuitement la présence d'un important gisement de sylvinite, un mélange de chlorure de potassium et de sodium, dont la valeur est estimée à plus de 60 milliards.

L'Alsace-Lorraine est un pays essentiellement industriel ; la puissance totale des machines motrices installées atteint près de 500 000 chevaux et les appareils hydrauliques développent en outre 38 892 chevaux. La construction mécanique constitue l'une des branches les plus florissantes de l'industrie en Alsace. Quelques maisons, comme la Société alsacienne de Mulhouse,

qui occupe 7000 ouvriers et s'adonne à la construction des locomotives, des machines-outils, des turbines à vapeur et des gros moteurs à gaz, jouissent d'une réputation méritée dans leurs diverses spécialités. L'industrie textile présente également en Alsace une importance très grande ; les filatures de coton y disposent de près de 2 millions de broches. Pour le tissage des toiles de coton, on y trouve 46 500 métiers. Les usines de blanchiment et de teinture livrent 15 000 pièces de cotonnade par jour. Les peignages de laine comportent 568 000 broches, et il existe plus de 10 000 métiers pour la fabrication des tissus.

Les ressources industrielles de la Lorraine présentent moins de variété que celles de l'Alsace, mais l'ensemble constitué par son bassin ferrifère et houiller et par ses établissements métallurgiques possède une importance hors de pair.

Le bassin lorrain paraît former actuellement une des plus opulentes réserves de minerai de fer de l'Europe ; on l'estime à 5 milliards de tonnes. Grâce à cet apport, la France devient l'un des principaux pays producteurs du fer, se classant au deuxième rang avec une extraction annuelle de 37 500 000 tonnes, après les États-Unis, auxquels les mines de la région des Grands Lacs et de l'Ile de Cuba fournissent annuellement 55 millions de tonnes. Elle est suivie par l'Angleterre, dont la production ne cesse de décroître et par l'Allemagne, qui dispose encore des gisements de la Westphalie, du bassin de la Ruhr, du Siegerland et des districts de la Dill et de la Lahn.

Le minerai lorrain, connu sous le nom de « minette », présente, à l'état sec, une teneur moyenne de 33 à 40 pour cent de fer et un peu moins de un pour cent de phosphore. L'exploitation se fait à ciel ouvert ou bien à flanc de coteau dans les affleurements, et par puits pour les gisements profonds. Ces puits ont généralement cinq mètres de diamètre et leur profondeur variable va jusque 240 mètres. On les fore habituellement au point le plus bas des couches, qui sont toutes inclinées de l'est à l'ouest, ce qui est avantageux au double point de vue du roulage et de l'exhaure.

Les mines de houille de la Lorraine, qui forment le complément nécessaire du minerai de fer, sont le prolongement vers le sud-ouest du grand bassin de la Sarre. Le charbon, situé à faible profondeur en terre prussienne, s'enfonce progressivement en entrant en Lorraine, et il faut le chercher bientôt à plusieurs centaines de mètres sous le sol. A cause de difficultés d'extrac-

tion et d'exploitation, la plupart des 140 concessions restent inutilisées. En réalité, il n'y a guère que trois houillères en exploitation régulière qui livrent environ 4 000 000 de tonnes annuellement. Le charbon lorrain est en majeure partie demi-gras et il se prête à une bonne utilisation dans les foyers industriels et domestiques. Au moment de la déclaration de guerre 91 800 tonnes seulement étaient traitées par an au tour à coke. C'est là une quantité tout à fait insuffisante pour les besoins de la métallurgie du pays et il serait intéressant de la voir augmenter. Signalons enfin qu'il existe en Lorraine 69 hauts-fourneaux, donnant environ 4 500 000 tonnes de fonte brute par an, et 27 convertisseurs et fours Martin d'une capacité de production annuelle de 2 500 000 tonnes d'acier.

MAURICE DEMANET,
Ingénieur Civil.

TABLE DES MATIÈRES

DU

VINGT-SEPTIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LXXVII DE LA COLLECTION

Livraison de Janvier 1920

IN MEMORIAM 5

PAUL MANSION, par **M. Lagasse de Locht** 7

LE R. P. THIRION, par le **R. P. V. Schaffers, S. J.** . . 27

LES GRANDES ÉNIGMES DE LA GÉOLOGIE, par **M. Pierre Termier** 53

LE CONFLIT SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES, par **M. Aimé Witz** 84

LA « THIENDE » DE SIMON STEVIN, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.** 109

VARIÉTÉS. — I. A propos du Lamarckisme de M. Le Dantec, par **M. A. Proost** 140

II. Le cas de l'homme de Piltdown, par **M. P. Teilhard de Chardin** 149

III. L'organisation scientifique du travail en agriculture, par **M. Maurice Demanet** 156

IV. Les annuaires du Bureau des Longitudes de 1915 à 1919, par **M. M. Alliaume** 157

BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de géométrie pure et appliquée de l'École Polytechique, par M. d'Ocagne, **C. de la Vallée Poussin** 184

II. Leçons sur les fonctions elliptiques en vue de leurs applications, par R. de Montessus de Ballore, **M. Lecat** 191

III. Relations remarquables entre les éléments du système solaire, par Lucien Demozay, **M. Alliaume.** 197

IV. Bibliographie du calcul des variations depuis 1850 jusqu'à 1913, par Maurice Lecat, **F. W.** 199

V. Bibliographie du calcul des variations depuis les origines jusqu'à 1850, comprenant la liste des travaux qui ont préparé ce calcul, par Maurice Lecat, **F. W.** 199

VI. Cours de géométrie analytique, par Georges Milhaud et Édouard Pouget, **P. Mansion** 200

VII. Matrices and Determinoids, par C. E. Cullis, **M. Lecat** 202

VIII. Détermination du point par relèvement, méthode du service hydrographique de la marine dite du « point approché », par E. Balu, **M. Alliaume** . 208
IX. La probabilité dans les tirs de guerre, par Jean Aubert, **Ph. du P.** 209
X. History of the theory of numbers. Volume I. Divisibility and primality, par Leonard Eugene Dickson, **M. Lecat** 212
XI. Optique physique, par R. W. Wood, traduction H. Labrouste et H. Vigneron, **V. S.** 216
XII. Études de photochimie, par Victor Henri, **P. Bruylants** 218
XIII. Physique. Cours expérimental et moderne. Tome I : La pesanteur. Tome II : Les ondes sonores, thermiques, lumineuses. Tome III. Électricité, par J. Gorlia, **R. D. M.** 220
XIV. Colour in relation to chemical constitution, par E. R. Watson, **M. Lecat** 222
XV. L'enigma della vita e i nuovi orrizonti della biologia, par Agostino Gemelli, O. M., **J. Maréchal, S. J.** 225
XVI. Botany of the living plant, par F. G. Bower, F. R. S., **J. Maréchal, S. J.** 227
XVII. Lectures on Sex and Heredity, par F. O. Bower, J. Graham Kerr et W. E. Agar, **J. Maréchal, S. J.** 230
XVIII. Guide pratique de radiographie et de radioscopie, par le Dr Réchou, **J. Boine.** 231
XIX. A review of the primates, par Daniel Giraud Elliot, F. R. S. E., **J. Maréchal, S. J.** 232
XX. Rapport général sur le fonctionnement et les opérations du comité national de secours et d'alimentation, 1er partie, **V. F.** 232
XXI. Recherches sur les sociétés d'enfants, par J. Varendonck, **V. F.** 234
XXII. Mines, grisou, poussières, par L. Crussard, **Ph. du P.** 235
XXIII. Mécanique des explosifs, par E. Jouguet, **Ph. du P.** 237
XXIV. Industrie de la construction mécanique, **R. v. d. M.** 240
XXV. Les moteurs thermiques dans leurs rapports avec la thermodynamique, par F. Moritz, **R. v. d. M.** 241
XXVI. L'Aéronautique, revue mensuelle, **X.** 241
Revue des Recueils périodiques.
Entomologie, par le **R. P. Longin Navas, S. J.** . 244
Ethnographie, par **M. l'abbé Claerhout** 248

Livraison d'Avril 1930

LE PROFESSEUR F. DE WALQUE, par la Rédaction 263
LE CONFLIT SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES *(Suite)*, par **M. Aimé Witz** 271
LA NOTION PSYCHOLOGIQUE DE SUBCONSCIENCE, par le **R. P. J. Maréchal, S. J.** 302
PASCAL, par **M. Paul Mansion** 333
LA NOTION ET LA MESURE DE LA FORCE, SPÉCIALEMENT A PROPOS DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE, par **M. E. Pasquier** 351
LA NATURE DES RAYONS X ET LA STRUCTURE DES CRISTAUX, par **M. l'abbé J. De Smedt**. 378
VARIÉTÉS. — I. La métallurgie au lac Léopold II et dans la Lukenie, par **M. J. Maes** 406
II. L'avenir du caoutchouc et l'exploitation des caoutchoutiers cultivés, par **M. E. De Wildeman** . . . 419
III. Sur les recherches relatives à l'histoire de la formation des « Éléments d'Euclide », à propos des derniers travaux de Zeuthen, par le **R. P. H. Bosmans.** 432
IV. Nos eaux minérales, par **M. J.-B. André** . . . 442
BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle, professées à la Sorbonne par C. de la Vallée Poussin, **M. d'Ocagne** 454
II. Cours de Mécanique, professé à l'École Polytechnique par Léon Lecornu, Tomes II et III, **M. O.** 457
III. Derniers mélanges mathématiques, par Paul Mansion, **F. W.** 467
IV. Annuaire pour 1929, publié par le Bureau des Longitudes, **M. Alliaume** 468
V. Robert of Chester's latin translation of the Algebra of Al-Khowarizmi, par L. Ch. Karpinski, **H. Bosmans, S. J.** 469
VI. Unified Mathematics, par L. Ch. Karpinski, H. Y. Benedict et J. W. Calhoun, **H. B.** 471
VII. Introduction à la science actuarielle, par L. G. du Pasquier, **L.** 473
VIII. Courbes géométriques remarquables (courbes spéciales), planes et gauches, par H. Brocard et J. Lemoyne, **M. Lecat** 474
IX. Logica matematica, par M. C. Burali-Forti, **R. Lange, S. J.** 477
X. Méthode rapide pour le calcul des intérêts simples et des déductions, par L. Pré, **J. S.** 479

XI. Le Radium, interprétation et enseignement de la radioactivité, par Fr. Soddy, **V. S.** 480
XII. Mesures pratiques en radioactivité, par W. Makower et H. Geiger, Traduction E. Philippi, **V. S.** 482
XIII. Précis d'électricité théorique, par L. Bloch, **H. Janne** 483
XIV. Le système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic, par Pierre Duhem. Tomes IV et V, **H. Bosmans S. J.** . . 485
XV. An enquiry concerning the principles of natural knowledge, par A. N. Whitehead, F. R. S., **F. W.** 488
XVI. La matérialisation de l'énergie, par L. Rougier, **H. D.** 489
XVII. Stereochemistry, par A. W. Steward, **M. Lecat.** 491
XVIII. La cémentation de l'acier, par F. Giolitti, **P. Bruylants.** 496
XIX. Notions fondamentales de chimie organique, par Ch. Moureu, **J. Pauwels, S. J** 497
XX. L'équilibre des substances hétérogènes, par W. Gibbs, traduction G. Matisse, **F S.** . . . 499
XXI. La théorie atomique, par J. J. Thomson, F. R. S. traduction Ch. Moureu, **F S** 500
XXII. La chimie raisonnée, par M. Lemarchands, **J. P.** 502
XXIII. Introduction à la chimie générale. Lois fondamentales de l'atomisme et de l'affinité, exposées à des chimistes débutants, par H. Copaux, **J. Pauwels, S. J** 503
XXIV. Cours de chimie à l'usage des étudiants du P. C. N. et S. P. C. N., par R. De Forcrand, **J. Pauwels, S. J.** 506
XXV. Relations entre la constitution chimique et la coloration des corps inorganiques, par André Meyer; **P. Bruylants** 509
XXVI. La Catalisis quimica, par E. Vitoria, S. J., **P. Bruylants** 510
XXVII. Esquisse sommaire d'une description géologique de la Belgique, par F. Kaisin, **A. R.** 511
XXVIII. Cours d'aérodynamique pratique, par A. Courquin et Serre, **F. W.** 512
XXIX. Causeries philosophiques, par A. Badoureau, **D. T.** 513
XXX. Geneeskundige plichtenleer. Deontologia medica, par le R. P. J. Salsmans, S. J. **J. Maréchal** . . 513
Revue des Recueils périodiques.
Sciences techniques, par **M. Demanet** 515

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXVII — 20 JANVIER 1920

(TRENTE-NEUVIÈME ANNÉE ; TOME LXXVII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. F. Willaert)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1920

LIVRAISON DE JANVIER 1920

I. — IN MEMORIAM, p. 5.

II. — PAUL MANSION, par **M. Lagasse de Locht,** p. 7.

III. — LE R. P. THIRION, par le **R. P. V. Schaffers, S. J.,** p. 27.

IV. — LES GRANDES ÉNIGMES DE LA GÉOLOGIE, par **M. Pierre Termier,** Membre de l'Institut, p. 53.

V. — LE CONFLIT SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES, par **M. Aimé Witz,** Correspondant de l'Institut, p. 84.

VI. — LA « THIENDE » DE SIMON STEVIN, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.,** p. 109.

VII. — VARIÉTÉS. — I. *A propos du Lamarckisme de M. Le Dantec*, par **M. A. Proost,** p. 140. — II. *Le cas de l'homme de Piltdown*, par **M. P. Teilhard de Chardin,** p. 149. — III. *L'organisation scientifique du travail en agriculture*, par **M. Maurice Demanet,** ingénieur civil, p. 156. — IV. *Les annuaires du Bureau des Longitudes de 1915 à 1919*, par **M. M. Alliaume,** professeur à l'Université de Louvain, p. 167.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Cours de géométrie pure et appliquée de l'École Polytechnique, par Maurice d'Ocagne, **C. de la Vallée Poussin,** p. 184. — II. Leçons sur les fonctions elliptiques en vue de leurs applications, par R. de Montessus de Ballore, **M. Lecat,** p. 191. — III. Relations remarquables entre les éléments du système solaire, par Lucien Demozay, **M. Alliaume,** p. 197. — IV. Bibliographie du calcul des variations depuis 1850 jusqu'à 1913, par Maurice Lecat, **F. W.,** p. 199. — V. Bibliographie du calcul des variations depuis les origines jusqu'à 1850, comprenant la liste des travaux qui ont préparé ce calcul, par Maurice Lecat, **F. W.,** p. 199. — VI. Cours de géométrie analytique, par Georges Milhaud et Édouard Pouget, **P. Mansion,** p. 200. — VII. Matrices and determinoids, par C. E. Cullis, **M. Lecat,** p. 202. — VIII. Détermination du point par relèvement, méthode du service hydrographique de la marine dite du « point approché », par E. Balu, **M. Alliaume,** p. 208. — IX. La probabilité dans les tirs de guerre, par Jean Aubert, **Ph. du P.,** p. 209. — X. History of the theory of numbers. Volume I. Divisibility and primality, par Leonard Eugene Dickson, **M. Lecat,** p. 112. — XI. Optique physique, par R. W. Wood, trad. H. Labrouste et H. Vigneron, **V. S.,** p. 216. — XII. Études de photochimie, par Victor Henri, **P. Bruylants,** p. 218. — XIII. Physique. Cours expérimental et moderne, Tome I : La pesanteur. Tome II : Les ondes sonores, thermiques, lumineuses. Tome III : Électricité, par J. Gorlia, **R. D. M.,** p. 229. — XIV. Colour in relation to cheminal constitution, par E. R. Watson, **M. Lecat,** p. 222. — XV. L'enigma della vita e i nuovi orrizonti della biologia, par Agostino Gemelli, O. M., **J. Maréchal, S. J.,** p. 225. — XVI. Botany of the living plant, par F. G. Bower, F. R. S., **J. Maréchal, S. J.,** p. 227. — XVII. Lectures on Sex and Heredity, par F. O. Bower, J. Graham Kerr et W. E. Agar, **J. Maréchal, S. J.,** p. 230. — XVIII. Guide pratique de radiographie et de radioscopie, par le Dr Réchou, **J. Boine,** p. 231. — XIX. A review of the primates, par Daniel Giraud Elliot F. R. S. E., **J. Maréchal, S. J.,** p. 232. — XX. Rapport général sur le fonctionnement et les opérations du comité national de secours et d'alimentation, 1e partie, **V. F.,** p. 233. — XXI. Recherches sur les sociétés d'enfants, par J. Varendonck, **V. F.,** p. 234. — XXII. Mines, grisou, poussières, par L. Crussard, **Ph. du P.,** p. 235. — XXVIII. Mécanique des explosifs, par E. Jouguet, **Ph. du P.,** p. 237. — XXIV. Industrie de la construction mécanique, **R. v. d. M.,** p. 240. — XXV. Les moteurs thermiques dans leurs rapports avec la thermodynamique, par F. Moritz, **R. v. d. M.,** p. 241. — L'Aéronautique, revue mensuelle, **X.,** p. 242.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Entomologie, par le **R. P. Longin Navas, S. J.,** p. 244. — Ethnographie, par **M. l'abbé Claerhout,** p. 248.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXVIII, 1875 à 1914. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **10 00**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*, Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J. - *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891) ; la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la Revue des Questions scientifiques est de **35 francs** par an pour la Belgique et pour la France ; de **40 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles paient **25 francs**, en Belgique et en France (**40 francs** avec la cotisation); **30 francs**, dans les autres pays (**45 francs** avec la cotisation).

Table analytique des cinquante premiers volumes de la Revue. Un vol. du format de la Revue de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. Cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME XXVII — 20 AVRIL 1920

(TRENTE-NEUVIÈME ANNÉE ; TOME LXXVII DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(M. F. Willaert)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1920

LIVRAISON D'AVRIL 1920

I. — LE PROFESSEUR F. DE WALQUE, p. 263.

II. — LE CONFLIT SUR LA VALEUR DES THÉORIES PHYSIQUES, *(suite)*, par **Aimé Witz,** Correspondant de l'Institut, p. 271.

III. — LA NOTION PSYCHOLOGIQUE DE SUBCONSCIENCE, par le **R. P. J. Maréchal, S. J.,** p. 302.

IV. — PASCAL, par **Paul Mansion,** p. 333.

V. — LA NOTION ET LA MESURE DE LA FORCE, SPÉCIALEMENT A PROPOS DE LA GRAVITATION UNIVERSELLE, par **E. Pasquier,** p. 351.

VI. — LA NATURE DES RAYONS X ET LA STRUCTURE DES CRISTAUX, par **l'abbé J. De Smedt,** Chargé de cours à l'Université de Louvain, p. 378.

VII. — VARIÉTÉS. — I. *La métallurgie au lac Léopold II et dans la Lukenie*, par **J. Claes**, chef de la mission ethnographique du Congo central, p. 406. — II. *L'avenir du caoutchouc et l'exploitation des caoutchoutiers cultivés*, par **Ed De Wildeman,** p. 419. — III. *Sur les recherches relatives à l'histoire de la formation des « Éléments d'Euclide », à propos des derniers travaux de Zeuthen*, par le **R. P. H. Bosmans, S. J.,** p. 432. — IV. *Nos eaux minérales*, par **J. B. André**, p. 442.

VIII. — BIBLIOGRAPHIE. — I. Leçons sur l'approximation des fonctions d'une variable réelle, professées à la Sorbonne par C. de la Vallée Poussin, **M d Ocagne**, p. 454. — II. Cours de Mécanique, professé à l'École Polytechnique par Léon Lecornu, tomes II et III, **M. O.**, p. 457. — III. Derniers mélanges mathématiques (1880-1913), par Paul Mansion, **F. W.**, p. 467. — IV. Annuaire pour 1920, publié par le Bureau des Longitudes, **M. Alliaume**, p. 468. — V. Robert of Chester's latin translation of the Algebra of Al-Khowarizmi, par L. C. Karpinski, **H. Bosmans, S. J.**, p. 469. — VI. Unified mathematics, par L. C. Karpinski, H. Y. Benedict et J. W. Calhoun, **H. B**, p. 471. — VII. Introduction à la science actuarielle, par L. G. Du Pasquier, **L.**, p. 473. — VIII. Courbes géométriques remarquables (courbes spéciales) planes et gauches, par H. Brocard et T. Lemoyne, **M. Lecat**, p. 474. — IX. Logica matematica, par M. C. Burali-Forti, **R. Lange, S. J.**, p. 477. — X. Méthode rapide pour le calcul des intérêts simples et des déductions, par L. Pré, **J. S.**, p. 479. — XI. Le Radium, interprétation et enseignement de la radioactivité, par Fr. Soddy, traduction A. Lepape, **V. S.**, p. 480. — XII. Mesures pratiques en radioactivité, par W. Makower et H. Geiger, traduction E. Philippi, **V. S.**, p. 482. — XIII. Précis d'électricité théorique, par L. Bloch, **H. Janne**, p. 483. — XIV. Le Système du Monde. Histoire des doctrines cosmologiques, de Platon à Copernic, par **P. Duhem, tomes IV et V, H. Bosmans, S. J.**, p. 485. — XV. An Enquiry concerning the principles of natural knowledge, par A. N. Whitehead, **F. W.**, p. 488. — XVI. La matérialisation de l'énergie, par L. Rougier, **H. D.**, p. 489. — XVII. Stereochemistry, par A. W. Steward, **M. Lecat**, p. 491. — XVIII. La cémentation de l'acier, par F. Giolitti, **P. Bruylants**, p. 493. — XIX. Notions fondamentales de chimie organique, par Ch. Moureu, 6e édit., **J. Pauwels, S. J.**, p. 497. — XX. L'équilibre des substances hétérogènes, par W. Gibbs, traduction G. Matisse, **F. S.**, p. 499. — XXI. La théorie atomique, par Sir J. J. Thomson, traduction Ch. Moureu, **F. S.**, p. 500. — XXII. La chimie raisonnée, par M. Lemarchands, **J. P.**, p. 502. — XXIII. Introduction à la chimie générale. Lois fondamentales de l'atomisme et de l'affinité, exposées à des chimistes débutants, par H. Copaux, **J. Pauwels, S. J.**, p. 503. — XXIV. Cours de chimie à l'usage des Étudiants du P. C. N. et S. P. C. N. par R. de Forcrand, 2e éd., **J. Pauwels, S. J.**, p. 506. — XXV. Relations entre la constitution chimique et la coloration des corps organiques, par André Meyer, **P. Bruylants**, p. 509. — XXVI. La Catalisis quimica, par E. Vitoria, **P. Bruylants**, p. 510. — XXVII. Esquisse sommaire d'une description géologique de la Belgique, par F. Kaisin, **A. R.**, p. 511. — XXVIII. Cours d'aérodynamique pratique, par A. Courquin et G. Serre, **F. W.**, p. 512. — XXIX. Causeries philosophiques, par A. Badoureau, **D. T.**, p. 514. — XXX. Geneeskundige plichtenleer. Deontologia medica, par le R. P. J. Salmans, S. J., **J. Maréchal**, 513.

IX. — REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES. — Sciences techniques, par **M. Demanet**, p. 515.

PUBLICATIONS DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES, t. I à t. XXXVIII, 1875 à 1914. Chaque vol. in-8° de 400 à 600 pages fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des vingt-cinq premiers volumes des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE (1875-1901). Un vol. in-8° de 250 pages (1904), en vente au prix de . . . . . fr. **3 00**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES. Première série, 1877 à 1891. Trente volumes. Seconde série, 1892 à 1901. Vingt volumes. Troisième série, commencée en 1902. Les deux volumes annuels, de 700 pages in-8° chacun, ... fr. **20 00**

TABLE ANALYTIQUE des cinquante premiers volumes de la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES (1877-1901). Un vol. in-8° de XII-168 pages, petit texte (1904), en vente au prix de 5 fr.; pour les abonnés . . fr. **2 00**

Ph. Gilbert. Mémoire sur l'application de la méthode de Lagrange à divers problèmes de mouvement relatif. Deuxième édition (1889). Un vol. in-8° de 150 pages . . . . . fr. **11 25**

DISCUSSION SUR LE FŒTICIDE MÉDICAL. Brochure in-8° de 38 pages (1904) . . . . . fr. **1 00**

LA CRISE DU LIBRE-ÉCHANGE EN ANGLETERRE. Rapports de MM. G. Blondel, Ch. Dejace, A. Viallate, Emm. de Meester, P. de Laveleye, Éd. Van der Smissen. Brochure in-8° de 121 pages (1905). . fr. **2 00**

LES PORTS ET LEUR FONCTION ÉCONOMIQUE : T. I. *Introduction*, Éd. Van der Smissen. I. *La Fonction économique des Ports dans l'Antiquité grecque*, H. Francotte. II. *Bruges au Moyen âge*, G. Eeckhout. III. *Barry*, H. Laporte. IV. *Beira*, Ch. Morisseaux. V. *Liverpool*, P. de Rousiers. VI. *Anvers*, E. Dubois et M. Theunissen. VII. *Les Ports et la vie économique en France et en Allemagne*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 183 pages, figures et plans (Épuisé). — **T. II.** VIII. *Londres*, G. Eeckhout. IX. *Délos*, A. Roersch. X. *Rotterdam*, J. Charles. XI. *Gênes au Moyen âge*, J. Hanquet. XII. *Marseille*, G. Blondel. Un vol. in-8° de 123 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. III.** XIII. *Le Port moderne de Gênes*, M. Theunissen. XIV. *Ostende*. L.-Th. Léger. XV. *Jaffa*, P. Gendebien. XVI. *Lisbonne*, Ch. Morisseaux. XVII. *Le Havre*, G. Blondel. XVIII. *Hambourg*, P. de Rousiers et J. Charles. XIX. *Rio-de-Janeiro*, F. Georlette. XX. *Han-Kow*. A. Vanderstichele. Prix : 3 francs. — **T. IV.** XXI. *Barcelone et Bilbao*, J. Charles. XXII. *Buenos-Aires*, M. Theunissen. XXIII. *Brême*, J. Charles. XXIV. *New York*, Paul Hagemans. XXV. *Le Port de Pouzzoles dans l'Antiquité, d'après un livre récent*, Alphonse Roersch. XXVI. *Shanghaï*, A. A. Fauvel. XXVII. *Zeebrugge*, J. Nyssens-Hart. Un vol. in-8° de 184 pages, figures et plans. Prix : 3 francs. — **T. V.** XXVIII. *Rouen*, G. Blondel. XXIX. *Montréal*, M. Dewavrin. XXX. *Seattle et Tacoma*, M. Rondet-Saint. XXXI. *Trieste, Fiume, Venise*, M. Dewavrin. XXXII. *Venise au Moyen âge*, C. Terlinden. XXXIII. *Les ports du Nord-Est de l'Angleterre*, J. Meuwissen. — *Conclusions*, G. Blondel. — *Appendices : L'administration des Ports*, J. Charles, S. J. - *L'industrie des transports maritimes*, H. Mansion. Prix : 3 francs . .

SUR QUELQUES POINTS DE MORALE SEXUELLE DANS SES RAPPORTS AVEC LA MÉDECINE. Rapport de M. le Dr X. Francotte. Brochure in-8° de 48 pages (1907) . . . . . fr. **0 75**

DE LA DÉPOPULATION PAR L'INFÉCONDITÉ VOULUE. Rapport de M. le Dr Henri Desplats, et discussion. Brochure in 8° de 29 pages (1908) fr. **0 75**

REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE PAR

LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

TROISIÈME SÉRIE

Cette revue de haute vulgarisation, fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, se compose actuellement de deux séries : la **première série** comprend 30 volumes (1877-1891); la **deuxième**, 20 volumes (1892-1901). La livraison de janvier 1902 a inauguré la **troisième série**.

La revue paraît en livraisons trimestrielles, à la fin de janvier, d'avril, de juillet et d'octobre. Chaque livraison renferme trois parties principales.

La **première partie** se compose d'**Articles originaux**, où sont traités les sujets les plus variés se rapportant à l'ensemble des sciences mathématiques, physiques, naturelles, sociales, etc.

La **deuxième partie** consiste en une **Bibliographie scientifique**, où l'on trouve un compte rendu détaillé et l'analyse critique des principaux ouvrages scientifiques récemment parus.

La **troisième partie** consiste en une **Revue des Revues et des Publications périodiques**, où des écrivains spéciaux résument ce qui paraît de plus intéressant dans les archives scientifiques et littéraires de notre temps.

Chaque livraison contient ordinairement aussi un ou plusieurs articles de **Variétés**.

CONDITIONS D'ABONNEMENT

Le prix d'abonnement à la REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES est de **25 francs** par an pour la Belgique et pour la France ; de **40 francs** pour les autres pays. Les membres de la Société scientifique de Bruxelles paient **25 francs**, en Belgique et en France (**40 francs** avec la cotisation); **30 francs**, dans les autres pays (**45 francs** avec la cotisation).

Table analytique des cinquante premiers volumes de la REVUE. Un vol. du format de la REVUE de XII-168 pages. Prix : 5 francs ; pour les abonnés, 2 francs.

Des volumes isolés seront fournis aux nouveaux abonnés à des conditions très avantageuses.

S'adresser pour tout ce qui concerne la **Rédaction** *et l'***Administration** *au Secrétariat de la Société scientifique, 11, rue des Récollets, Louvain.*

Une Notice sur la Société scientifique, son but, ses travaux, est envoyée gratuitement à ceux qui en font la demande au Secrétariat.

Louvain. — Imp. F. Ceuterick, rue Vital Decoster, 60.

Bruxelles
22-88528

AMNH LIBRARY
100226277